

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-109633

(43)Date of publication of application : 11.04.2003

(51)Int.Cl.

H01M 8/04  
H01M 8/06  
H01M 8/10  
// B65D 83/00

(21)Application number : 2002-189879

(71)Applicant : FOAMEX LP

(22)Date of filing : 28.06.2002

(72)Inventor : KINKELAAR MARK R  
THOMPSON ANDREW M

(30)Priority

Priority number : 2001 894939

Priority date : 28.06.2001

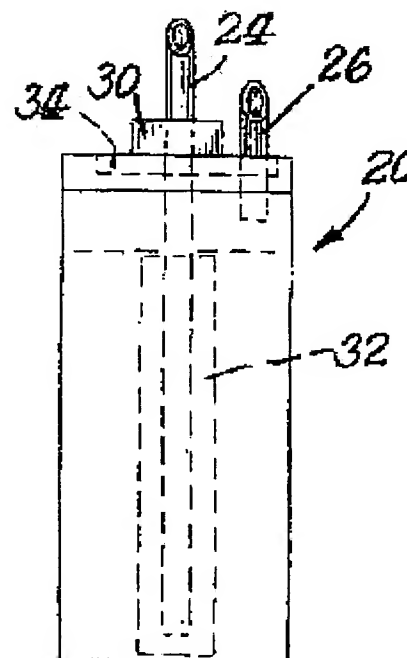
Priority country : US

## (54) LIQUID FUEL RESERVOIR FOR FUEL CELL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fuel reservoir for a liquid fuel cell, capable of supplying the liquid fuel regardless of directions, and in particular, effectively used in a mobile electronic device.

SOLUTION: This fuel reservoir comprises (a) a vessel for defining a cavity holding the liquid fuel and (b) a wicking structure mounted in the cavity, sucking at least a part of the liquid fuel, and discharging or sending the liquid fuel by pumping, wicking and the like. The wicking structure is made of a wicking material having a free rising wick height more than at least half its longest dimension. As the material having the wicking performance, a foamed material, a fiber mat, a fiber bundle, the woven fabric and non-woven fabric can be used. The vessel has the shape of a pouch or an envelope having flat upper and bottom faces and made of a soft film material, and is foldable into a flat and thin shape. The vessel storing the wicking structure and filled with the liquid fuel can be bent.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-109633

(P2003-109633A)

(43) 公開日 平成15年4月11日 (2003. 4. 11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 M	8/04	H 0 1 M	8/04
	8/06		8/06
	8/10		8/10
// B 6 5 D	83/00	B 6 5 D	83/00
			G
審査請求 有 請求項の数58 O L 外国語出願 (全 65 頁)			

(21) 出願番号 特願2002-189879(P2002-189879)  
(22) 出願日 平成14年6月28日 (2002. 6. 28)  
(31) 優先権主張番号 0 9 / 8 9 4 9 3 9  
(32) 優先日 平成13年6月28日 (2001. 6. 28)  
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 500204197  
フォーメックス エル ビー  
アメリカ合衆国 ペンシルベニア 19061  
リンウッド コロンビア アヴェニュー  
1000  
(72) 発明者 マーク アール キンケラー  
アメリカ合衆国 ペンシルベニア 19343,  
グレンムーア, シーン レーン 60  
(74) 代理人 100111774  
弁理士 田中 大輔

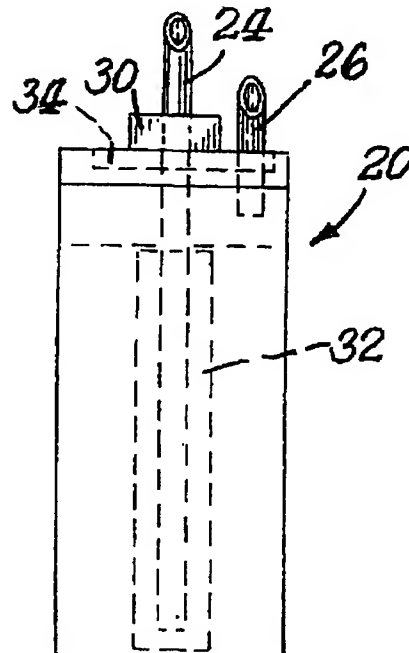
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池用液体燃料貯蔵器

(57) 【要約】

【課題】 その向きによらず液体燃料を送ることができ、特に移動体電子機器で有用な液体燃料電池用燃料貯蔵器に関する。

【解決手段】 本発明に係る燃料貯蔵器は、(a) 液体燃料を保持するキャビティを定める容器、(b) キャビティ内に配置され、液体燃料の少なくとも一部を吸い上げ、次にそこからポンピング又はウィッキング等により液体燃料を排出又は送ることができるウィッキング構造体、を備える。ウィッキング構造体は、その最長寸法の少なくとも2分の1を越える自由上昇ウィック高さをもつウィッキング材料で形作られる。このウィッキング性能をもつ材料には発泡体、繊維マット、繊維束、繊維維、不織繊維がある。容器は、柔軟フィルム材料からなる平坦な上面及び底面もつパウチ又はエンベロープの形状とし、平坦で薄い形状とすることができ、ウィッキング構造体を受容し液体燃料で満たされた容器を曲げることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 液体燃料電池用燃料貯蔵器であって、

(a) 液体燃料電池用の液体燃料を保持するキャビティを画定する壁及び内部を有する容器と、

(b) キャビティ内に配置され、そこへ液体燃料の少なくとも一部分が吸い上げられ、次にそこから液体燃料を送ることができるウィッキング構造体であって、容器内の実質的にすべての液体燃料がウィッキング構造体に接触可能であり、その自由上昇ウィック高さがその最長寸法の少なくとも2分の1より大きいウィッキング構造体と、

(c) 容器の壁を貫いて容器外部にウィッキング構造体を流体連絡させる出口と、を備え、液体燃料電池へ取り付け又は取り外しが選択的に可能である燃料貯蔵器。

【請求項2】 ウィッキング構造体の自由上昇ウィック高さが最長寸法より大きい請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項3】 ウィッキング構造体が、発泡体、繊維束、繊維マット、織繊維及び不織繊維並びに無機多孔材料からなる群から選択されるウィッキング材料を備える請求項2に記載の燃料貯蔵器。

【請求項4】 ウィッキング構造体が、発泡体、繊維束、繊維マット、織繊維及び不織繊維からなる群から選択されるウィッキング材料を備える請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項5】 ウィッキング材料が、ポリウレタン発泡体、メラミン発泡体、ポリアミド、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリアクリロニトリル、あるいはこれらの混合物からなる不織フェルト、セルローズ、ポリエステル、ポリエチレン、ポリプロピレン及びポリアクリロニトリル、あるいはこれらの混合物からなる繊維束、繊維マット、織繊維からなる群から選択される請求項4に記載の燃料貯蔵器。

【請求項6】 ポリウレタン発泡体がフェルト状ポリウレタン発泡体、網目状ポリウレタン発泡体あるいはフェルト状網目状ポリウレタン発泡体であり、ポリアミドがナイロンであり、またポリエステルがポリエチレンテレフタレートである請求項5に記載の燃料貯蔵器。

【請求項7】 ウィッキング材料がフェルト状ポリウレタン発泡体、網目状ポリウレタン発泡体及びフェルト状網目状ポリウレタン発泡体からなる群から選択される請求項6に記載の燃料貯蔵器。

【請求項8】 ウィッキング構造体が、約0.5から約45ポンド／立方フィートの範囲の密度及び約10から約200ボア／インチの範囲のボアサイズをもつポリウレタン発泡体を備える請求項4に記載の燃料貯蔵器。

【請求項9】 ウィッキング構造体が、約0.5から約15ポンド／立方フィートの範囲の密度及び約40から約200ボア／インチの範囲のボアサイズをもつポリウ

レタン発泡体を備える請求項8に記載の燃料貯蔵器。

【請求項10】 ウィッキング構造体が、2から45ポンド／立方フィートの範囲の密度及び1.1から30の範囲の圧縮率をもつフェルト状網目状ポリウレタン発泡体である請求項4に記載の燃料貯蔵器。

【請求項11】 ウィッキング構造体が毛管作用の勾配を有する請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項12】 ウィッキング構造体が2つ以上の成分を備え、これらの成分の少なくとも2つが異なる毛管作用を有する請求項11に記載の燃料貯蔵器。

【請求項13】 ウィッキング構造体が、発泡体の長手方向に沿って圧縮度が変化しているようにフェルト化された発泡体を備える請求項11に記載の燃料貯蔵器。

【請求項14】 毛管作用が、ウィッキング構造体の出口のすぐ近くの部分で最大であり、ウィッキング構造体の出口から遠い部分では毛管作用が相対的に小さい請求項11の燃料貯蔵器。

【請求項15】 出口を遷して容器から容器の外部の場所へ液体燃料を送るための、出口と液体連通している液体送液手段をさらに含む請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項16】 請求項15の燃料貯蔵器及び液体燃料電池のアノードを含み、液体送液手段がアノードと液体連通している組合せ体。

【請求項17】 液体送液手段がウィックであり、前記ウィックが液体燃料をアノードに送る請求項16に記載の組合せ体。

【請求項18】 液体送液手段がウィックであり、前記ウィックがウィッキングリンクと接触しアノードと液体連通しており、前記ウィッキングリンクが少なくとも第2のウィックを備え、前記ウィック及び前記ウィッキングリンクが、出口からアノードに液体燃料が流れるように方向づける毛管作用の勾配をつくる請求項16に記載の組合せ体。

【請求項19】 容器を貫く空気入口をさらに含み、前記空気入口が、ガスの容器キャビティへの流入を許容する一方向バルブを有する請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項20】 容器が柔軟な側壁を有する請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項21】 容器が、1枚あるいは複数枚のプラスチックフィルムもしくはプラスチックコートフィルムで形作られたエンベロープを備える請求項20に記載の燃料貯蔵器。

【請求項22】 使用前に容器が輸送あるいは保管されるときに出口通路をカバーする取り外し可能なテープをさらに備える請求項21に記載の燃料貯蔵器。

【請求項23】 容器が柔軟に曲げることができる請求項21に記載の燃料貯蔵器。

【請求項24】 エンベロープが第1の面及び第2の面を有し、前記第1及び第2の面が実質的に平坦である請求項21に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 25】 エンベロープが、ヒートシールあるいは超音波溶着により形作られたバウチである請求項 21 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 26】 出口が、液体燃料をキャビティに導入することを可能にするバルブを有する、リサイクル可能な請求項 1 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 27】 出口が、液体燃料をキャビティに導入することを可能にするシールキャップを有する、リサイクル可能な請求項 1 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 28】 シールキャップが、突刺して液体燃料をキャビティに導入することを可能にする膜を有し、液体燃料が導入された後は膜がキャビティを再シールする請求項 27 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 29】 膜がラバーを備える請求項 28 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 30】 ウィッキング構造体が第 1 及び第 2 のコンポーネントを備え、前記第 1 のコンポーネントが第 2 のコンポーネントより大きな毛管作用を有し、前記第 1 のコンポーネントは最長寸法を有し、前記第 1 のコンポーネントの自由上昇ウィック高さが前記第 1 のコンポーネントの最長寸法の 2 分の 1 より大きい請求項 12 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 31】 第 1 のコンポーネントの自由上昇ウィック高さが、前記第 1 のコンポーネントの最長寸法より大きい請求項 30 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 32】 ウィッキング構造体が永久圧縮されたウィッキング材料でつくられている請求項 1 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 33】 ウィッキング構造体が可逆圧縮されたウィッキング材料でつくられている請求項 1 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 34】 ウィッキング構造体がウィッキング構造体容積を有し、ウィッキング構造体容積がキャビティ容積の約 50% 以下である請求項 1 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 35】 ウィッキング構造体容積がキャビティの容積の約 25% 以下である請求項 34 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 36】 ウィッキング構造体容積がキャビティの容積の約 10% 以下である請求項 35 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 37】 ウィッキング構造体が外形容積を有し、ウィッキング構造体の空孔容積がウィッキング構造体外形容積の少なくとも約 50% である請求項 1 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 38】 ウィッキング構造体の空孔容積がウィッキング構造体外形容積の約 65% から約 98% である請求項 37 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 39】 ウィッキング構造体の空孔容積がウィッキング構造体外形容積の約 70% から約 85% である

請求項 38 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 40】 ウィッキング構造体の空孔容積がウィッキング構造体外形容積の約 75% である請求項 39 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 41】 ウィッキング構造体の空孔容積がウィッキング構造体外形容積の約 80% である請求項 40 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 42】 ウィッキング構造体の空孔容積がウィッキング構造体外形容積の約 85% である請求項 41 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 43】 液体燃料がメタノールを含む請求項 1 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 44】 液体燃料が純粋なメタノールである請求項 1 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 45】 液体燃料がメタノール水性混合物である請求項 1 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 46】 水性混合物中のメタノールの濃度が少なくとも約 25 重量% である請求項 45 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 47】 水性混合物中のメタノールの濃度が少なくとも約 50 重量% である請求項 46 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 48】 水性混合物中のメタノールの濃度が約 70 重量% から 99 重量% である請求項 47 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 49】 水性混合物中のメタノールの濃度が約 90 重量% である請求項 48 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 50】 水性混合物中のメタノールの濃度が約 95 重量% である請求項 49 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 51】 水性混合物中のメタノールの濃度が約 99 重量% である請求項 50 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 52】 液体送液手段が、ポンプあるいはウィッキング構造体より大きい毛管作用を有するウィックである請求項 15 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 53】 液体送液手段がポンプである請求項 52 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 54】 液体送液手段がウィックである請求項 52 に記載の燃料貯蔵器。

【請求項 55】 液体送液手段が、ポンプあるいはウィッキング構造体より大きい毛管作用を有するウィックである請求項 16 に記載の組合せ体。

【請求項 56】 液体燃料電池用燃料貯蔵器であって、(a) 液体燃料電池用の液体燃料を保持するキャビティを画定する壁及び内部を有する容器と、

(b) キャビティ内に配置され、そこへ液体燃料の少なくとも一部分が吸い上げられ、次にそこから液体燃料を送ることができるウィッキング構造体であって、容器内の実質的にすべての液体燃料と接触可能であり、その自由上昇ウィック高さがその最長寸法の少なくとも 2 分の 1 より大きいウィッキング構造体と、

(c) 容器の壁を貫いて容器外部の場所にウィッキング構造体を流体連絡させる出口と、

(d) 出口と容器外部の場所の間に入れられる液体送液手段と、  
を備え、液体送液手段が液体燃料を出口から容器外部の場所に送る燃料貯蔵器。

【請求項 57】 液体燃料電池用燃料貯蔵器であって、

(a) 柔軟性のある液体燃料電池用の液体燃料を保持するキャビティを画定する壁及び内部を有する容器と、

(b) キャビティ内に配置され、そこへ液体燃料の少なくとも一部分が吸い上げられ、次にそこから液体燃料を送ることができるウィッキング構造体であって、容器内の実質的にすべての液体燃料と接触可能であり、その自由上昇ウィック高さがその最長寸法の少なくとも 2 分の 1 より大きいウィッキング構造体と、

(c) 容器の壁を貫いて容器外部の場所にウィッキング構造体を流体連絡させる出口と、  
を備える燃料貯蔵器。

【請求項 58】 組合せ体であって、

(i) (a) 液体燃料電池用の液体燃料を保持するキャビティを画定する壁及び内部を有する容器と、

(b) キャビティ内に配置され、そこへ液体燃料の少なくとも一部分が吸い上げられ、次にそこから液体燃料を送ることができるウィッキング構造体であって、容器内の実質的にすべての液体燃料と接触可能であり、その自由上昇ウィック高さがその最長寸法の少なくとも 2 分の 1 より大きいウィッキング構造体と、

(c) 容器の壁を貫いて容器外部の場所とウィッキング構造体とを流体連絡させることができ、バルブあるいは膜を含むシールキャップを有し、液体燃料を導入するために膜に注射針を突刺することができ、液体燃料が導入された後は膜がキャビティをシールする出口通路とを備えるリサイクル可能な燃料貯蔵器と、

(ii) アノードを備える液体燃料電池と、  
を含み、アノードがリサイクル可能な燃料貯蔵器の出口と流体連絡している組合せ体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液体燃料がアノードで間接もしくは好ましくは直接酸化される液体燃料電池に関する。特に、本発明は、液体燃料電池のアノードへの液体燃料を保持しそして計量供給あるいは送液するための貯蔵器に関する。本発明はまたマイクロ燃料電池改質器用の液体燃料供給システムにも関する。

【0002】

【従来の技術】本出願は、2001年6月28日に出願された米国特許出願第 09/894,939 号の特典を主張し、その開示を参照により組み込む。

【0003】電気化学燃料電池は反応物、すなわち燃料及び酸化剤を変換して電力及び反応生成物を生ずる。電

気化学燃料電池は一般に、2つの電極（アノード及びカソード）の間に配置された電解質を用いる。電気触媒が電極で望みの電気化学反応を引き起こすために必要とされる。液体供給固体高分子燃料電池は、約 0℃ から燃料の沸点、すなわちメタノールでは約 65℃ の温度範囲で作動し、また移動体への応用で特に好ましい。固体高分子燃料電池には膜電極アセンブリ（membrane electrode assembly, 「MEA」）が含まれ、これは 2つの電極層の間に配置される、固体高分子電解質すなわち時々「PEM」と略記される陽イオン交換膜（proton-exchange membrane）を備える。それぞれの電極の一表面を横切るように反応物を導く流れ場（flow field）プレートは通常、膜電極アセンブリのそれぞれの側に配置される。

【0004】固体高分子燃料電池では広範な反応物が使用されると想定されており、またこのような反応物はガスあるいは液体として導入される。酸化剤の流れは実質的に純粋な酸素ガスでもよいが、好ましくは、空気のような希釈酸素が用いられる。燃料は実質的に純粋な水素ガスでよく、あるいは液体有機燃料混合物でもよい。ここで、液体燃料の流れで作動する燃料電池であって、燃料がアノードで電気化学的に反応する（直接酸化される）ものは、直接型液体供給燃料電池として知られている。

【0005】直接型メタノール燃料電池（direct methanol fuel cell, 「DMFC」）は直接型液体供給燃料電池の 1つのタイプであり、燃料（液体メタノール）はアノードで直接酸化され、以下の反応が起る。

【0006】アノード： $\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{H}^+ + \text{CO}_2 + 6\text{e}^-$

カソード： $1.5\text{O}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 3\text{H}_2\text{O}$

【0007】水素イオン（ $\text{H}^+$ ）は膜を透過し、カソード側で酸素及び電子と結合して水を生成する。電子（ $\text{e}^-$ ）は膜を透過できず、このため電池により発生した電力を消費する電氣的負荷を駆動させる外部回路を通してアノードからカソードへ流れる。アノードとカソードでの反応生成物は、それぞれ二酸化炭素（ $\text{CO}_2$ ）と水（ $\text{H}_2\text{O}$ ）である。単一の電池の開回路電圧は約 0.7 ボルトである。より大きな電圧を得るために、いくつかの直接型メタノール燃料電池が直列に積み重ねられる。

【0008】直接型液体燃料電池には、メタノール以外の他の液体燃料、すなわち他の簡単なアルコール、例えばエタノール、あるいはジメトキシメタン、トリメトキシメタン及びギ酸を用いることもできる。さらに、酸化剤としては、酸素濃度の高い有機液体、すなわち過酸化水素溶液の形で供用することができる。

【0009】水性メタノール蒸気で直接型メタノール燃料電池を作動させることができるが、最も普通には希釈

メタノール水性燃料溶液が液体で供給される。燃料が直接カソードに接触してそこで酸化される（「クロスオーバー」と呼ばれる）ことを防ぐために、アノードとカソードの間の分離を維持することが重要である。クロスオーバーは、酸化反応で得られる電子が電極の間の電流経路に従わないので、結果的に電池内の短い回路になる。MEAを通してアノードからカソード側にメタノール燃料がクロスオーバーする可能性を減らすために、通常メタノールの非常に希薄な溶液（例えば、約5%のメタノール水溶液）が、液体供給DMFC燃料の流れとして用いられる。

【0010】高分子電解質膜（PEM）は固体の有機高分子、普通ポリパーフルオロスルホン酸で、これは膜電極アセンブリ（MEA）の内側コアを構成する。PEM用ポリパーフルオロスルホン酸は、E. I. Du Pont de Nemours & CompanyからNAFION（登録商標）の商標で市販されている。PEMは、プロトン（水素イオン）交換膜としてまた電解質として適切に機能するために、水和していなければならない。燃料電池が効率的に機能するために、液体燃料はアノード側に制御可能な仕方で計量供給あるいは送液されなければならない。この問題は移動体への応用、例えば家電及び携帯電話で使用しようと目論む燃料電池で特に深刻であり、これらにおいては重力に対する燃料電池の向きが変化するであろう。貯蔵器の底に出口があり、また自重による供給にたよる従来の燃料タンクでは、タンクの向きが変わると燃料の送液が止まってしまうであろう。

【0011】さらに、貯蔵器内液体燃料の浸漬チューブによる送液は、貯蔵器内のチューブの向き及び貯蔵器内に残っている燃料の量により変化する。図1を参照すると、カートリッジ10がその中に液体燃料混合物12を収容している。出口チューブ14及び空気入口チューブ16がカートリッジカバー18から突き出ている。仮にカートリッジ10がこの向きに固定されるのであれば、ポンプ作用で燃料混合物を出口チューブ14から引き出せるであろうし、カートリッジ10を出て行く燃料で占められていた容積スペースは空気入口チューブ16を通じて入る空気により埋められるであろう。

【0012】しかし、カートリッジ10が真横に傾けられると、燃料レベルが出口チューブの燃料移動ポイントを越える場合にしか、燃料混合物を引き出すことができないと考えられる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】従って、液体燃料電池を移動体機器で容易に使用できるようにするために、向きによらず、燃料を制御可能な仕方で収納し液体燃料電池に送る液体燃料貯蔵器が望まれている。また、交換可能で、使い捨て可能で、置換え可能あるいはリサイクル可能な液体燃料貯蔵器がさらに望ましい。更に、液体燃

料貯蔵器が収容できる液体燃料の量を最大化することも望ましい。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の液体燃料電池用の燃料貯蔵器（fuel reservoir）は、

（a）液体燃料電池用の液体燃料を保持するためのキャピティを画定する壁及び内部を有する容器（container）と、

（b）キャピティ内に配置され、そこへ液体燃料の少なくとも一部分が吸い上げられ、そこから液体燃料を計量供給、排出あるいは送液することができるウィッキング構造体と、

（c）キャピティ内のウィッキング構造体と連絡する、容器を貫く出口通路と、を備える。

【0015】本発明の燃料貯蔵器は、制御可能な仕方で液体燃料電池用の液体燃料を保持する。この燃料貯蔵器では、容器内の液体燃料が燃料貯蔵器の向きによらず出口通路と液体連通しているため、向きによらず液体燃料電池に燃料を送ることができる。燃料貯蔵器に蓄えられた液体燃料は重力に依存することなく容器を出て行くことができる。

【0016】さらに、本発明の燃料貯蔵器は燃料電池への取り付け、取り外しが選択的に可能である。従って、この燃料貯蔵器は交換可能、使い捨て可能あるいは置換え可能である。燃料貯蔵器はまた、バルブあるいは好ましくは燃料に耐性のあるラバーでできている膜を有する出口通路あるいは任意選択の液体燃料入口を通して液体燃料で使用済み燃料貯蔵器を再充填できるという点で、リサイクル可能あるいは再充填可能でもあることができ、この膜を通して燃料貯蔵器を再充填するために注射針あるいは類似物により使用済み燃料貯蔵器に液体燃料を導入することができ、膜は燃料導入後に再びキャピティをシールする。本発明のリサイクル可能あるいは再充填可能な燃料貯蔵器の一実施形態において、出口通路には、使用済み燃料貯蔵器に液体燃料を導入することを可能にし、また次に使用される前に保管あるいは輸送される間に再充填された燃料貯蔵器から液体燃料が漏れることを防ぐバルブあるいはシールキャップが装備されている。リサイクル可能あるいは再充填可能な燃料貯蔵器の別の実施形態において、燃料貯蔵器は、使用済み燃料貯蔵器に液体燃料を導入することを可能にし、再充填された燃料貯蔵器から液体燃料が漏れることを防ぐバルブあるいはシールキャップが装備された液体燃料入口をさらに備える。

【0017】ウィッキング構造体は液体のウィッキング及び保持だけでなく、液体燃料を制御可能な仕方で計量供給あるいは送液することを可能にする。ウィッキング構造体は最長寸法を有する形状である。円柱形のウィッキング構造体では、円柱の相対的寸法により、最長寸法はその高さあるいはその直径のいずれかとなる。矩形の

箱形ウィッキング構造体では、箱の相対的寸法により、最長寸法はその高さあるいはその奥行きあるいは幅のいずれかとなる。他の形状、例えば正方形の箱型貯蔵器などでは、最長寸法は複数の方向で同一となりうる。ウィッキング構造体の自由上昇ウィック高さ（毛管作用の尺度）は、好ましくは、最長寸法の少なくとも2分の1より大きいことであり、最も好ましくは、自由上昇ウィック高さは最長寸法より大きいこととなる。

【0018】ウィッキング構造体は、発泡体、繊維束、繊維マット、繊維維もしくは不織繊維、あるいは無機多孔材料からつくることができる。ウィッキング構造体は一般に、液体燃料に耐性のある1種または複数の高分子からなる多孔部材でありうる。好ましくは、ウィッキング構造体は、ポリウレタン発泡体（好ましくは、フェルト状ポリウレタン発泡体、網目状ポリウレタン発泡体あるいはフェルト状網目状ポリウレタン発泡体）、メラミン発泡体、並びにナイロンなどのポリアミド、ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレートなどのポリエステル、セルロース、ポリエチレン、ポリアクリロニトリル、及びこれらの混合物の不織フェルトまたは束から選択されるウィッキング材料でつくられている。別法として、ウィッキング構造体は、好ましくは、ポリウレタン発泡体（好ましくは、フェルト状ポリウレタン発泡体、網目状ポリウレタン発泡体あるいはフェルト状網目状ポリウレタン発泡体）、メラミン発泡体、ナイロンなどのポリアミド、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリアクリロニトリル、もしくはこれらの混合物の不織フェルト、セルロース、ポリエチレンテレフタレートなどのポリエステル、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアクリロニトリル、並びにこれらの混合物からなる繊維束、繊維マット、もしくは繊維維から選択されるウィッキング材料でつくられている。ある特定の無機多孔材料、例えばシリカあるいはアルミナからなる無機粉末焼結体をウィッキング構造体のウィッキング材料として用いることもできる。

【0019】ポリウレタン発泡体がウィッキング構造体として選択された場合、この発泡体の密度は約0.5から約45、好ましくは約0.5から約25ポンド／立方フィートの範囲にあり、ポアサイズは約10から約200ポア／インチの範囲にあるべきであり、より好ましくは密度が約0.5から約15ポンド／立方フィートの範囲でポアサイズは約40から約200ポア／インチの範囲であり、最も好ましくは密度が0.5から10ポンド／立方フィートの範囲でポアサイズは75から200ポア／インチの範囲である。

【0020】フェルト状網目状ポリウレタン発泡体などのフェルト状ポリウレタン発泡体がウィッキング構造体として選択された場合、このフェルト状発泡体の密度は約2から約45ポンド／立方フィートの範囲にあり、また圧縮率は約1.1から約30の範囲にあるべきであ

り、好ましくは密度が約3から約15ポンド／立方フィートの範囲で圧縮比は約1.1から約20の範囲であり、最も好ましくは密度が3から10ポンド／立方フィートの範囲で圧縮比は2.0から15の範囲である。

【0021】フェルト状発泡体は、発泡体をその元の厚さの何分の1かに圧縮するのに十分な熱及び圧力を加えて製造される。圧縮比30で、発泡体はその元の厚さの1/30に圧縮されている。圧縮比2で発泡体はその元の厚さの1/2に圧縮されている。

【0022】網目状発泡体は、多孔質高分子構造体からセル膜（cell window）を除去し、骨格（strand）のネットワークを残すことによって製造され、このため得られた網目状発泡体の流体透過率は増加する。発泡体製造技術者にすべて知られているように、*in situ*な、化学的あるいは熱的な方法により発泡体を網目状にすることができる。

【0023】ウィッキング構造を成形する際には、ウィッキング材料を永久あるいは可逆圧縮することができる。永久圧縮されたウィッキング材料の例は、フェルト状ウィッキング材料である。可逆圧縮されたウィッキング構造体の例は、ウィッキング材料が容器のキャビティに入れられている間ウィッキング材料を圧縮することにより形作られるウィッキング構造体であり、ウィッキング材料が容器内部にある間、容器の壁などの構造体がウィッキング材料を圧縮された状態に保つのを助ける。

【0024】特に好ましい実施形態において、ウィッキング構造体は毛管作用の勾配がある発泡体でつくられており、2つの部分間の毛管作用の差の結果として、液体燃料の流れが構造体の一部分から構造体の別の部分へ方向づけられる。毛管作用の勾配がある発泡体を製造する1つの方法は、その長手方向に沿って圧縮度が変化しているように発泡体をフェルト化することである。液体の毛管作用による流れは、圧縮の少ない部分から圧縮の大きい部分に向かう。別法として、はっきりと毛管作用が異なる発泡体あるいは他の材料からなる別個の成分の複合体でウィッキング構造体をつくることができる。毛管作用の勾配は、毛管作用が燃料貯蔵器の出口通路のすぐ近くのウィッキング構造体部分で最大であり、ウィッキング構造体部分が出口通路からより遠位になる程、毛管作用はより小さいであろう。このような毛管作用の勾配で、ウィッキング構造体中の液体燃料は出口通路より最も遠く離れた点から出口通路に向かって流れるように方向づけられ、燃料貯蔵器による液体燃料の送液を助ける。

【0025】一実施形態において、容器内に保持されるウィッキング構造体は、形状が実質的に容器キャビティと同じになる。

【0026】容器に収容される液体燃料の量を最大にするために、ウィッキング構造体の固体容積を最小にすることにより、容器内のウィッキング構造体により実際に



占められる容積を最小にすることが望ましい。あるいは、容器に収容される液体燃料の量を最大にするために、ウィッキング材料容積を最小にすることが望ましい。

【0027】ウィッキング構造体の「固体容積 (solid volume)」とは、ウィッキング構造体の固体材料により占められる容積である。別の言い方では、「固体容積」はウィッキング構造体の外形容積 (external volume) からその空孔 (void) 容積を引いたものである。

【0028】「ウィッキング材料容積」あるいは「ウィッキング構造体の容積」とは、固体容積とウィッキング材料内のウィッキングボアの容積の和である。

【0029】ウィッキング材料容積は、容器内キャビティの容積の好ましくは約50%以下であり、より好ましくは約25%以下、そして最も好ましくは約10%以下である。ウィッキング材料の空孔容積は、ウィッキング材料外形容積の好ましくは少なくとも約50%、より好ましくは約65%から98%、そして最も好ましくは約70%から85%である。

【0030】ウィッキング構造体により占められる固体容積を最小化する一実施形態としては、ウィッキング構造体容積について、ウィッキング構造体の中央部分でウィッキング材料が全くないか、もしくは最少量しかないウィッキング構造体をつくることによるか、あるいはウィッキング構造体の中央部分を打ち抜くことによると言った方法で、容器内のキャビティ周辺部に延び、キャビティ中央部分には実質的にウィッキング構造体がないウィッキング構造体とすることにより最小化される。少なくともキャビティ周辺部を占めるウィッキング構造体により、キャビティ内の全ての液体燃料は、向きによらず、少なくとも毛管作用により容器の出口通路と流体連絡を維持する。ウィッキング構造体中心部分のウィッキング材料の量を最少にまで減らすことで、ウィッキング構造体容積は最小化され、結果として燃料貯蔵器が収容できる液体燃料の量を最大化することができる。例えば、容器内キャビティが正方形または長方形の形状で8つの隅があり平坦であれば、ウィッキング構造体は、キャビティの少なくとも8つの隅にあるいはそのすぐ近くに配置される。キャビティが正方形または長方形の形状で平坦であれば、ウィッキング構造体は、複数の打ち抜き穴をもつ正方形あるいは長方形のシートである全体形状、正方形あるいは長方形のリム、あるいはアルファベット文字「E」、「H」、「K」、「M」、「N」、「X」もしくは「Z」のような形の全体形状をとることができる。他方、容器内キャビティが丸形あるいは楕円形で平坦であれば、ウィッキング構造体は少なくともキャビティの曲がった端部に沿って円形あるいは楕円形のリングとして配置される。

【0031】燃料貯蔵器の容器は、大きさと形状が使い

捨て乾電池に似たほぼ円柱状のカートリッジ、あるいは他の既知の電池カートリッジの形状などの、様々な形状を取りうる。別法として、また特に好ましくは、容器はほぼ平坦で薄く、柔軟な上面及び底面を有するパウチ、バケットあるいはエンベロープの形である。エンベロープを、1枚または複数枚の柔軟なプラスチックフィルムもしくはプラスチックコートフィルムのシートから形作ることができ、シートの側面端部が合わせてヒートシールあるいは超音波溶着される。液体燃料で満たされたとき、このようなエンベロープ容器は柔軟に曲げることができ、そこに液体燃料の少なくとも一部分のウィッキングがあるウィッキング構造体はこの液体を保持し、容器がひどく曲げられてもこの液体を計量供給あるいは送液することができる。エンベロープ容器が使用前に輸送あるいは保管されるときに出口通路をカバーするために、取り外せるテープを付けてもよい。

【0032】液体送液手段、例えばポンプあるいはウィックが通常、容器から出口通路を通して液体燃料を送るために、燃料貯蔵器の出口通路と連通する。別法として、液体燃料は重力により出口通路を通り容器から流れ出すことができる。重力によりあるいは好ましくは液体送液手段の作用により、容器を出て行く液体燃料を液体燃料電池のアノードに送ることができる。一実施形態において、例えば、出口通路のすぐ近くの部分よりアノードにすぐ近くの部分でウィック毛管作用がより大きくて、毛管作用に差があるウィックを用いて、液体燃料をアノードに送ることができる。任意選択で、液体燃料の流れを出口通路からアノードに向けるために、毛管作用が異なり互いに結合されて毛管作用に勾配を生じる一連のウィックにより、アノードに液体燃料を送ることもできる。容器が硬い材料でつくられている場合、出口通路を通して容器から液体燃料が出て行くとき、容器容積にガスが流れ込むことができるように、一方向バルブ付き空気入口が容器に備えられる。容器が柔軟な材料でつくられている場合、例えば容器が柔軟なパウチの場合、空気入口は任意選択である。

【0033】本発明のさらなる実施形態は、発泡体、繊維束、あるいは不織繊維からなるウィッキング構造体で形作られた、液体燃料電池用燃料貯蔵器のためのウィッキング材料である。好ましくは、ウィッキング構造体は、ポリウレタン発泡体 (好ましくは、フェルト状ポリウレタン発泡体、網目状ポリウレタン発泡体あるいはフェルト状網目状ポリウレタン発泡体)、メラミン発泡体、並びにナイロンなどのポリアミド、ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレートなどのポリエステル、セルロース、ポリエチレン、ポリアクリロニトリル、及びこれらの混合物の不織フェルトまたは束から選択されるウィッキング材料でつくられている。このようなウィッキング材料でつくられたウィッキング構造体は、液体のウィッキング及び保持だけでなく、液体がこのような



構造体から制御可能な仕方で計量供給あるいは送液されることを可能にする。ウィッキング構造体の自由上昇ウィック高さ（毛管作用の尺度）は、好ましくは、最長寸法の少なくとも2分の1より大きい。最も好ましくは、自由上昇ウィック高さは最長寸法より大きい。

【0034】特に好ましい実施形態において、ウィッキング材料は、2つの部分間の毛管作用に差を有し、その結果、材料の一部分から材料の別の部分に液体燃料の流れが方向づけられるような毛管作用の勾配をもつ。別法として、はっきりと毛管作用に違いがある同一または異なる材料の別個の構造体の複合体として、ウィッキング材料を形成することができる。

【0035】ポリウレタン発泡体がウィッキング材料として選択される場合、この発泡体の密度は0.5から25ポンド／立方フィートの範囲にあり、ポアサイズは10から200ポア／インチの範囲にあるべきであり、好ましくは密度が0.5から15ポンド／立方フィートの範囲でポアサイズは40から200ポア／インチの範囲であり、最も好ましくは密度が0.5から10ポンド／立方フィートの範囲でポアサイズは75から200ポア／インチの範囲である。

【0036】フェルト状網目状ポリウレタン発泡体などのフェルト状ポリウレタン発泡体がウィッキング材料として選択された場合、この発泡体の密度は2から45ポンド／立方フィートの範囲にあり、また圧縮率は1.1から3.0の範囲にあるべきであり、好ましくは密度が3から15ポンド／立方フィートの範囲で圧縮比は1.1から2.0の範囲であり、最も好ましくは密度が3から10ポンド／立方フィートの範囲で圧縮比は2.0から1.5の範囲である。

【0037】本発明の燃料貯蔵器は、間接的あるいは直接的に燃料電池用の液体燃料を保持することができる。直接燃料電池用に燃料貯蔵器が収容できる液体燃料の例は、メタノール、エタノール、エチレングリコール、ジメトキシメタン、トリメトキシメタン、ギ酸あるいはヒドラジンである。間接燃料電池あるいは改質器用に燃料貯蔵器が収容できる液体燃料には、液体炭化水素、例えば\*

Arcol 3020	ポリオール (Bayer Corp.)	100部
水		4.7
Dabco NEM	(Air Products)	1.0
A-1	(OSi Specialities/Crompton)	0.1
Dabco T-9	(Air Products)	0.17
L-620	(OSi Specialities/Crompton)	

1.3

【0043】これらを60秒間混合し、30秒間放置して脱気した後、60部のトルエンジイソシアネートを加えた。この混合物を10秒間混合し、次に15"×15"×5"の箱に入れて発泡させ24時間硬化させた。得られた発泡体の密度は1.4ポンド／立方フィート、ポアサイズは85ポア／インチであった。発泡体をその

\*ばメタノール、石油及びディーゼル燃料が含まれる。本発明の燃料貯蔵器は、液体燃料として好ましくはメタノールを含む。燃料貯蔵器内のメタノールはメタノールの水性混合物、あるいは好ましくは純粋なメタノールである。水性混合物中のメタノールの濃度は、メタノールの濃度パーセンテージを重量に対する重量で表して、好ましくは少なくとも約3%、好ましくは少なくとも約5%、より好ましくは少なくとも約25%、よりいっそう好ましくは少なくとも約50%、さらによりいっそう好ましくは少なくとも約60%、そして最も好ましくは約70%から約99%、例えば約85%、90%、95%、もしくは99%である。

【0038】

【発明の実施の形態】図2から図4を参照すると、カートリッジ容器20が液体燃料混合物22を収容するキャビティを定める。出口チューブ24はカバー28を貫いて容器20に延び、出口チューブ24は容器20のキャビティと容器外部との間を連通する。空気入口チューブ26もまたカバー28を貫いて容器20に延びる。空気入口チューブ26には、液体が容器20から流れ出すのを防ぐために一方バルブ（示されていない）が含まれていてもよい。

【0039】ウィッキング構造体32が容器20のキャビティ内に備えられる。ウィッキング構造体32は、容器20のキャビティ内の出口チューブ24の開放端部を取り囲む。液体燃料はウィッキング構造体にウィッキングをする。

【0040】図2から図4に示された実施形態において、ウィッキング構造体は、長方形角型あるいは箱型に形作られたフェルト状ポリウレタン発泡体である。例えば、この構造体は、90mmの高さを構造体の最長寸法として、ほぼ10mm（幅）×5mm（厚さ）×90mm（高さ）である。

【0041】発泡体は以下の混合物を用いて製造された。

【0042】

元の厚さの1/5に圧縮する（すなわち、圧縮率=5）のに十分な熱（華氏360度）と圧力を加えることにより、発泡体をフェルト状にした。約30分間熱及び圧縮圧力を加えた。フェルト状発泡体の密度は7.0ポンド／立方フィートであった。

【0044】容器20に6mlの、95%のメタノール

を含む水性燃料溶液を満たす。容器のカバー28はラバーセラムストッパ(rubber serum stopper)34を備える。

【0045】ポンプ30は出口チューブ24に作用し、ウィッキング構造体32から出口チューブ24を通して液体燃料22を引き出す。容器から燃料混合物を引き出すのに必要とされるのは、出口チューブ24にわずかな真空を作用させることだけである。容器の向きによらず燃料を引き出すこともできる。1つの試験で、図2から図4に示されるような「鉛直」の向きにある容器を用いて、ポンプを固定して設置して、5.0mlの液体燃料を燃料貯蔵器から引き出した。2番目の試験で、向きが「上下逆さま」の容器(示されていない)を用いて、同一のポンプの設定で、燃料貯蔵器から2.0mlを越える液体燃料を引き出した。「上下逆さま」の向きで燃料の送液は効率的でなくなったが、他の燃料貯蔵器の場合のように燃料の送液は妨げられなかった。

【0046】別の実施形態(図示されていない)において、ほぼ10mm×5mm×90mmの長方形角型あるいは箱型に形作られたポリエステル不織繊維パッドであるウィッキング構造体を選択された。不織繊維パッドは、バルクファイバ(ポリエステル及びメルトバインダがコートされたシース化ポリエステル)を合せて混合し、混合物をコムドローラー(comb roller)で層に形作ることにより製造された。動いているコムでローラからこの層を取り外し、コンベヤベルトに移した。コンベヤベルトは材料を、別のコンベヤベルト上に複数の層を積み重ねる関節腕(articulated arm)に供給した。望みの最終厚さに複数の層を加熱圧縮した。このポリエステル不織繊維ウィッ

キング構造体で同様の燃料の送液が確認された。

【0047】さらに別の実施形態(図示されていない)において、ウィッキング構造体はニードルフェルトを含んでいた。リサイクルされたポリエステル、ポリプロピレン及びナイロン繊維のブレンドを開織し、コムローラーが繊維層を引き出した。この層を動いているコムでローラーから取り外し、コンベヤベルトに移した。コンベヤベルトはこの材料を、別のコンベヤベルト上に複数の層を積み重ねる関節腕に供給した。複数の層(約10インチの合わせた厚さをもつ)を供給し、かかりのある針の配列が複数の層を合わせてコンパクトにする、2度のニードリング作業を通した。ニードリングはまたある量の繊維が試料を貫いて無理矢理引張られて絡められるようにして、ニードルフェルトの最終形状を一体に保たせる。長方形角型のニードルフェルトとして形作られたウィッキング構造体を用いて、同様の燃料送液が確認された。

【0048】次に、図5及び図6を参照すると、燃料貯蔵器用の柔軟パッケージからなる別の容器が示されている。燃料送液柔軟パウチ、バケットあるいはエンベロー

プ40は、一緒に結合されてシール端部42をもつパウチ、バケットあるいはエンベローブを形作る1枚あるいは複数枚のシートを備える。好ましくは、シートはヒートシールあるいは超音波溶着により結合される。エンベローブ40は、燃料電池用液体燃料52のための貯蔵器を形作る中央容積を定める。空気入口44は、液体燃料がエンベローブ40から流れ出ることを防ぐために一方向バルブ46を備える。空気入口44は、液体燃料がエンベローブ容積から引き出されたとき空気がそこに入る通路を提供する。

【0049】出口チューブ48がエンベローブ40を貫いて備えられる。出口チューブはエンベローブの内部容積と燃料電池との間を流体連絡させている。使用前には、出口チューブ48は通常カバーテープ50でカバーされており、これは図5でファントム画法の輪郭線で示されている。このテープは出口チューブ48の開口部をカバーする。このようにして、予め充填した燃料貯蔵器を、そこから液体燃料が漏れることなく輸送し保管することができる。テープ50は、エンベローブが燃料電池に燃料を供給するのに使用されるために取り付けられるときに、取り除かれる。

【0050】ウィッキング構造体54は、図2から図4の実施形態に関連して前記した材料で形作られ、エンベローブ40の容積内に保持されている。第1の実施形態と同様に、ポンプ(図5及び図6では示されていない)が、貯蔵器の内部容積から出口チューブ48を通して液体燃料を引き出すのに用いられる。この実施形態では、第1の実施形態のように、効率的な燃料の送液はエンベローブの向き及びウィッキング構造体と無関係に実施される。

【0051】好ましくは、ウィッキング構造体54は、寸法がエンベローブ40の内部容積に一致する。ウィッキング構造体54は、好ましくは柔軟であり、またエンベローブ40は、好ましくは柔軟フィルム材料で形作られるため、使用に際しては、燃料電池送液システムの全てを様々な位置及び形状に合うように曲げ、沿わせることができる。さらに、この好ましい実施形態のエンベローブ40は軽量であり、実質的に平坦な上部あるいは底面をもって形作られている。

【0052】図7及び図8を参照すると、別の柔軟な燃料貯蔵器が示されている。図7及び図8による燃料貯蔵器は、燃料が引き出されたときに柔軟パウチがつぶれるように、空気入口44及び一方向バルブ46がないこと以外は、図5及び図6の柔軟燃料貯蔵器と同様である。

【0053】図9及び図10は本発明の別の柔軟な燃料貯蔵器を示す。図9及び図10の柔軟燃料貯蔵器は、柔軟燃料貯蔵器を液体燃料で再充填し燃料貯蔵器をリサイクル可能にするために柔軟パウチに液体燃料を導入するためのバルブ58付き液体燃料入口56が存在すること以外は、図7及び図8による柔軟燃料貯蔵器と同様であ

10

20

30

40

50

る。

【0054】図11及び図12は本発明の別のリサイクル可能な柔軟燃料貯蔵器を示す。図11及び図12の燃料貯蔵器は、元の液体燃料の幾らかあるいは全てが貯蔵器から取り出された後、使用された燃料貯蔵器を液体燃料で再充填し燃料貯蔵器をリサイクル可能にするために、注射器あるいはこれに似たもので柔軟パウチに新しい液体燃料を導入するための、好ましくはラバー製の膜59でシールされた液体燃料入口57が存在する。これ以外は、図9及び図10による燃料貯蔵器と同様である。この実施形態では注射器等を突刺することで、この膜を通してキャビティに液体燃料を導入することができ、液体燃料導入後には膜はキャビティを再シールする。

【0055】図13から図20には、ウィッキング構造体73、74、75、77、79、81、83及び85の容積が最小化された燃料貯蔵器のいくつかの実施形態100、102、104、106、108、110、112及び114が示されている。それぞれの燃料貯蔵器は、キャビティ76を定める容器72を備え、ウィッキング構造体73、74、75、77、79、81、83あるいは85、液体燃料出口通路78及び任意選択の空気入口80（容器72が硬い材料でつくられているかどうかによる）を有する。これらの燃料貯蔵器のウィッキング構造体73、74、75、77、79、81、83及び85は、キャビティ76の少なくとも周辺部を占める。ウィッキング構造体は3辺を有する形状（図13を参照）、正方形あるいは長方形の形状（図14を参照）あるいはアルファベット文字「H」、「X」、「N」、「M」、「K」あるいは「E」（それぞれ、図15～20を参照）の形の形状をもつことができる。

【0056】図21は、本発明によるリサイクル可能な燃料貯蔵器の実施形態を概略的に示す。リサイクル可能な燃料貯蔵器116は、容器72、ウィッキング構造体73、キャビティ76、任意選択の空気入口80並びにシールキャップ82及びシールキャップ上の好ましくはラバー製の膜84を有する液体燃料出口78を備える。この実施形態では、元の液体燃料の幾らかあるいは全部が燃料貯蔵器から取り出された後、燃料電池から燃料貯蔵器を切り離すことができ、次に液体燃料出口78の開ロ部をシールキャップ82でシールし、そして膜84を通して新しい液体燃料を注入して使用済み燃料貯蔵器を液体燃料で再充填することができる。

【0057】図22は、本発明によるリサイクル可能な燃料貯蔵器の別の実施形態の概略図である。リサイクル可能な燃料貯蔵器118は、容器72、ウィッキング構造体73、キャビティ76、任意選択の空気入口80及びバルブ86の付いた液体燃料出口88を備える。元の液体燃料の幾らかあるいは全部が燃料貯蔵器から取り出された後、バルブ86を閉め、燃料電池から燃料貯蔵器を切り離すことができる。燃料貯蔵器をリサイクル可能

あるいは再充填可能にするために、バルブ86を通して新しい液体燃料を使用済み燃料貯蔵器に導入して、使用済み燃料貯蔵器を液体燃料で再充填することができる。

【0058】図23は、本発明の交換可能な燃料貯蔵器200が、燃料電池210のアノード212に燃料送液ウィック208を通して結合している実施形態を概略示すものである。交換可能な燃料貯蔵器200は、ウィッキング構造体202を含むキャビティ206を定める容器204を備える。燃料貯蔵器200のウィッキング構造体202は燃料送液ウィック208と接触している。燃料送液ウィック208の毛管作用はウィッキング構造体202の毛管作用より大きくて毛管作用の勾配が作り出されて、液体燃料を燃料貯蔵器200から燃料電池210のアノード212へ送る。

【0059】特に好ましい実施形態において、ウィッキング構造体は毛管作用の勾配がある発泡体でつくられており、2つの部分間の毛管作用における差の結果として、液体燃料の流れが構造体の一部分から構造体の別の部分へ方向づけられる。毛管作用の勾配がある材料を製造する1つの方法は、その長手方向に沿って圧縮度を変化させて発泡体をフェルト状にすることである。毛管作用の勾配がある材料を製造する別の方法は、はっきりと違う毛管作用をもつ個別の成分の複合体をアセンブリ化することである。液体の毛管作用による流れは、相対的に毛管作用の小さい部分から相対的に毛管作用の大きい部分に向かう。

【0060】図24及び図25は、毛管作用に勾配を有する発泡体などでウィッキング材料をつくる方法を概略的に示す。図24に示されるように、一様な密度及びボアサイズの発泡体からなるくさび形スラブ60は、第1の端部61で第1の厚みT1を、第2の端部65で第2の厚みT2を有する。スラブ60は、望ましい時間高温圧縮し、厚さT1及びT2より小さい一定の厚さT3に圧縮するためのフェルト化ステップに従う。第2の端部65でT2からT3に材料を圧縮するのに必要とされる、矢印64で表されている圧縮力より相対的に大きな、矢印62により表される圧縮力が、第1の端部61でT1からT3に材料を圧縮するのに必要とされる。

【0061】図25に示されているフェルト化された発泡体の長手方向に沿って、発泡体材料の圧縮率は変化しており、第2の端部65A（T2からT3）と比較して第1の端部61A（T1からT3）で最大の圧縮となっている。毛管圧は実効毛管半径に逆比例し、実行毛管半径は、堅さすなわち圧縮が増大すると減少する。図25の矢印66はフェルトの堅さあるいは毛管作用が相対的に小さい部分からフェルトの堅さあるいは毛管作用が相対的に大きい部分への毛管作用による流れの方向を表す。このように、ウィッキング材料あるいはウィッキング構造体が毛管作用の勾配がある材料あるいは複合材料で形作られている場合、材料に吸い上げられた液体燃料

を、圧縮率の相対的に小さい材料の一部分から圧縮率の相対的に大きい別の部分へ流れるように方向づけることができる。

【0062】本発明が好ましい実施形態の詳細な説明と例により示された。形態及び詳細における様々な変更は当分野の技術者の技量内にある。従って、本発明は特許請求の範囲により評価されねばならず、例あるいは好ましい実施形態の説明によってはならない。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来技術による液体燃料電池用燃料カートリッジの、内部を示すために一部分が取り去られた正面図である。

【図2】 本発明による燃料電池用液体燃料貯蔵器の正面図である。

【図3】 図2の液体燃料貯蔵器の、一部分が取り除かれた右側面図である。

【図4】 図2及び3の液体燃料貯蔵器の上面図である。

【図5】 本発明による別の燃料電池用液体燃料貯蔵器の正面図である。

【図6】 図5の別の液体燃料貯蔵器の、一部分が取り除かれた右側面図である。

【図7】 空気入口がない、本発明による別の燃料電池用液体燃料貯蔵器の正面図である。

【図8】 図7の別の液体燃料貯蔵器の、一部分が取り除かれた右側面図である。

【図9】 バルブ58を含む液体燃料導入口56を有する、本発明による別の燃料電池用液体燃料貯蔵器の正面図である。

【図10】 図9の別の液体燃料貯蔵器の、一部分が取り除かれた右側面図である。

【図11】 好ましくはラバー製である膜59によりシールされた液体燃料導入口57を有する、本発明による別の燃料電池用液体燃料貯蔵器の正面図である。

【図12】 図11の別の液体燃料貯蔵器の、一部分が取り除かれた右側面図である。

【図13】 本発明に従ってウィッキング構造体容積が最小化された液体燃料貯蔵器の正面概略図である。

【図14】 本発明に従ってウィッキング構造体容積が最小化された液体燃料貯蔵器の正面概略図である。

【図15】 本発明に従ってウィッキング構造体容積が最小化された液体燃料貯蔵器の正面概略図である。

【図16】 本発明に従ってウィッキング構造体容積が最小化された液体燃料貯蔵器の正面概略図である。

【図17】 本発明に従ってウィッキング構造体容積が最小化された液体燃料貯蔵器の正面概略図である。

【図18】 本発明に従ってウィッキング構造体容積が最小化された液体燃料貯蔵器の正面概略図である。

【図19】 本発明に従ってウィッキング構造体容積が最小化された液体燃料貯蔵器の正面概略図である。

【図20】 本発明に従ってウィッキング構造体容積が最小にされた液体燃料貯蔵器の正面概略図である。

【図21】 好ましくはラバー製である膜84を含むシールキャップ82を有する液体燃料出口78をもつ、リサイクル可能あるいは再充填可能な本発明による液体燃料貯蔵器の概略図である。

【図22】 液体燃料出口88にバルブ86を有する、リサイクル可能あるいは再充填可能な本発明による液体燃料貯蔵器の概略図である。

【図23】 毛管作用により本発明の燃料貯蔵器から燃料電池のアノードへ液体燃料を送る配置の概略図である。

【図24】 フェルト化する前のくさび形ウィッキング材料の概略図である。

【図25】 フェルト化した後の、図24のウィッキング材料の概略図である。

【符号の説明】

10、20 カートリッジ容器

12 燃料混合物

14、24、48 出口チューブ

16、26 空気入口チューブ

18 カートリッジカバー

22 液体燃料混合物

28 カバー

30 ポンプ

32、54、202 ウィッキング構造体

34 ラバーセラムストッパ

40 燃料送液柔軟エンベロープ

42 シール端部

44、80 空気入口

46 一方向バルブ

50 カバーテープ

52 液体燃料

56、57 液体燃料入口

58、86 バルブ

59、84 膜

72、204 容器

73 正方形あるいは長方形の形状のウィッキング構造体

74 3辺を有する形状のウィッキング構造体

75 「H」の形状のウィッキング構造体

76、206 キャビティ

77 「X」の形状のウィッキング構造体

78 液体燃料出口通路

79 「N」の形状のウィッキング構造体

81 「M」の形状のウィッキング構造体

82 シールキャップ

83 「K」の形状のウィッキング構造体

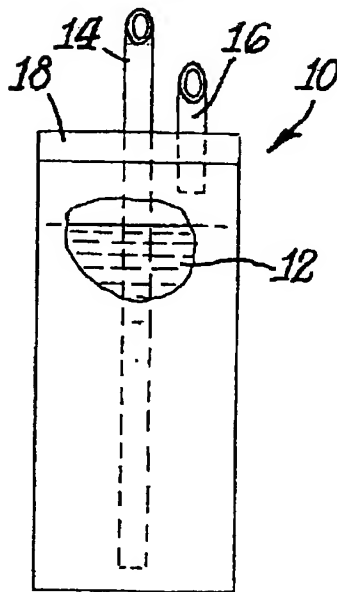
85 「E」の形状のウィッキング構造体

88 液体燃料出口

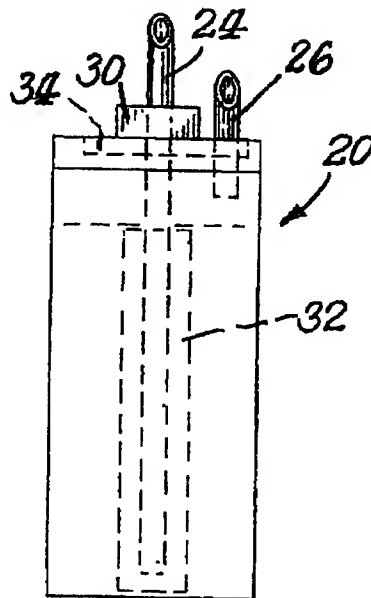
21  
 100、102、104、106、108、110、1  
 12、114 燃料貯蔵器  
 116、118 リサイクル可能な燃料貯蔵器  
 200 交換可能燃料貯蔵器  
 208 燃料送液ウィック  
 210 燃料電池  
 212 アノード  
 60 くさび形スラブ  
 61 第1の端部

22  
 \* 62 第1の端部での圧縮力を示す矢印  
 64 第2の端部での圧縮力を示す矢印  
 65 第2の端部  
 61A 圧縮後の第1の端部 (T1からT3)  
 65A 圧縮後の第2の端部 (T2からT3)  
 66 毛管作用による流れの方向を示す矢印  
 T1 第1の厚み  
 T2 第2の厚み  
 \* T3 圧縮後の厚さ (T1、T2より小さい)

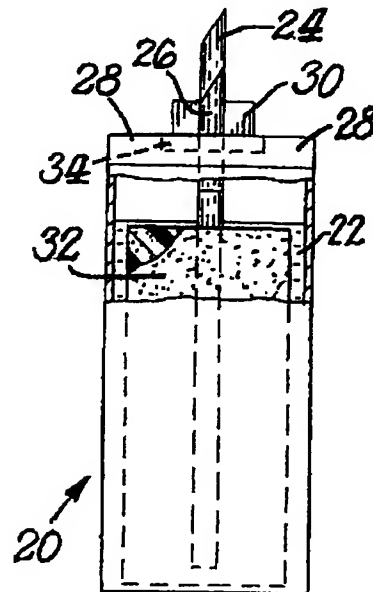
【図1】



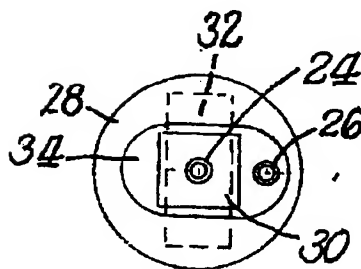
【図2】



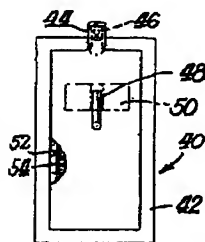
【図3】



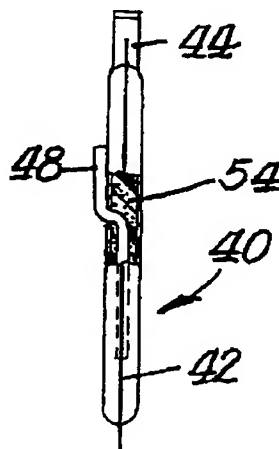
【図4】



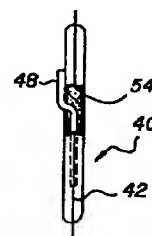
【図5】



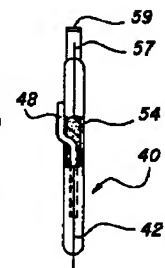
【図6】



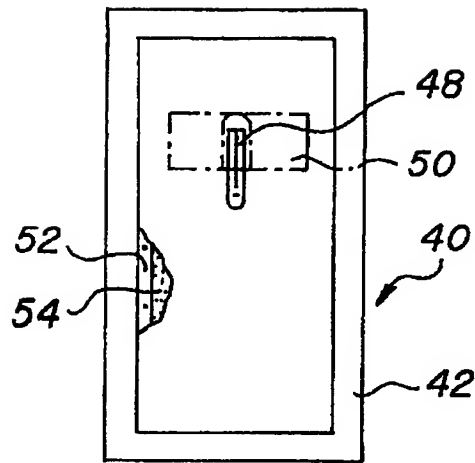
【図8】



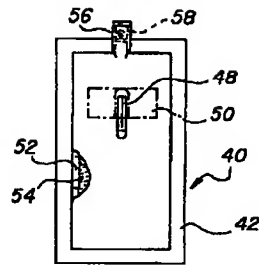
【図12】



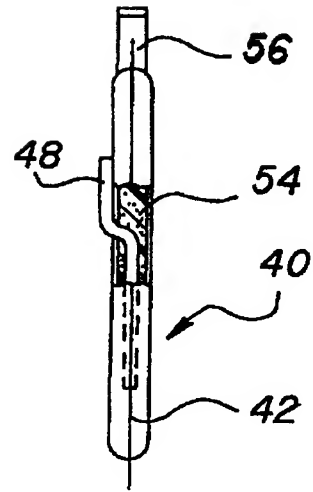
【図7】



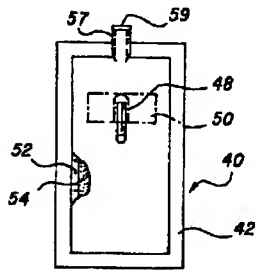
【図9】



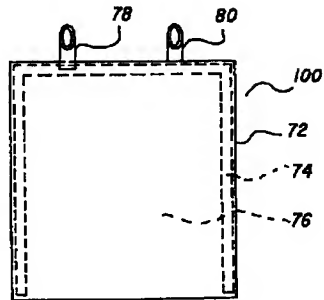
【図10】



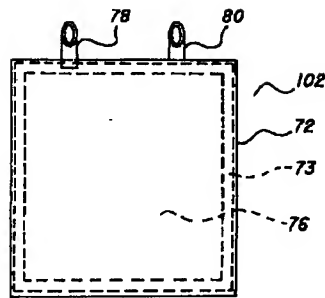
【図11】



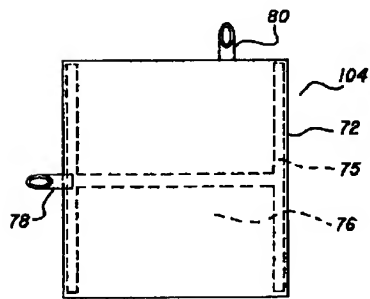
【図13】



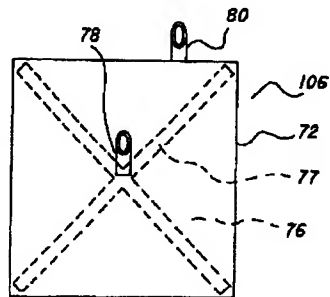
【図14】



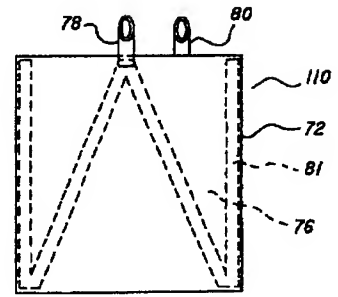
【図15】



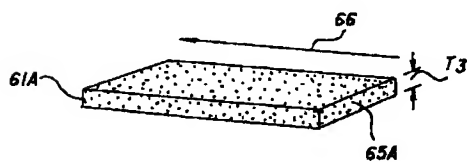
【図16】



【図18】

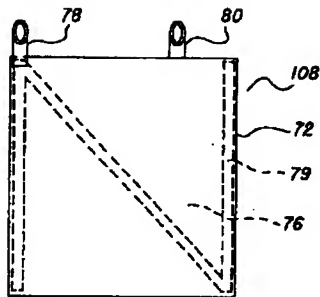


【図25】

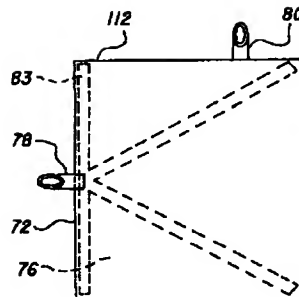




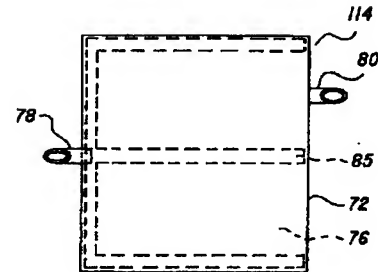
【図17】



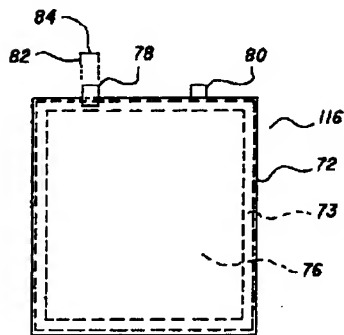
【図19】



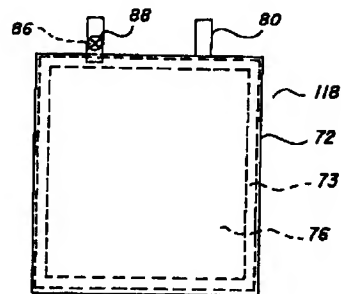
【図20】



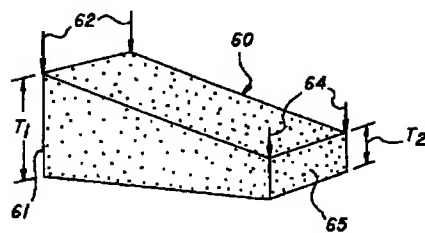
【図21】



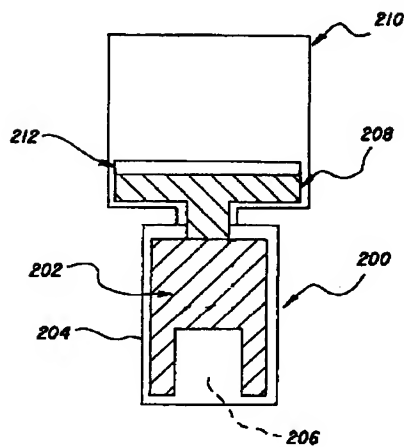
【図22】



【図24】



【図23】



【手続補正書】

【提出日】平成14年10月2日(2002. 10. 2)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 液体燃料電池用燃料貯蔵器であって、  
 (a) 液体燃料電池用の液体燃料を保持するキャビティ

を画定する壁及び内部を有する容器と、

(b) キャビティ内に配置され、そこへ液体燃料の少なくとも一部分が吸い上げられ、次にそこから液体燃料を送ることができるウィッキング構造体であって、容器内の実質的にすべての液体燃料がウィッキング構造体に接触可能であり、その自由上昇ウィック高さがその最長寸法の少なくとも2分の1より大きいウィッキング構造体と、

(c) 容器の壁を貫いて容器外部にウィッキング構造体を流体連絡させる出口と、を備え、液体燃料電池へ取り付け又は取り外しが選択的に可能である燃料貯蔵器。

【請求項2】 ウィッキング構造体の自由上昇ウィック高さが最長寸法より大きい請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項3】 ウィッキング構造体が、発泡体、繊維束、繊維マット、織繊維及び不織繊維並びに無機多孔材料からなる群から選択されるウィッキング材料を備える請求項2に記載の燃料貯蔵器。

【請求項4】 ウィッキング構造体が、発泡体、繊維束、繊維マット、織繊維及び不織繊維からなる群から選択されるウィッキング材料を備える請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項5】 ウィッキング材料が、ポリウレタン発泡体、メラミン発泡体、ポリアミド、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリアクリロニトリル、あるいはこれらの混合物からなる不織フェルト、セルローズ、ポリエステル、ポリエチレン、ポリプロピレン及びポリアクリロニトリル、あるいはこれらの混合物からなる繊維束、繊維マット、織繊維からなる群から選択される請求項4に記載の燃料貯蔵器。

【請求項6】 ポリウレタン発泡体がフェルト状ポリウレタン発泡体、網目状ポリウレタン発泡体あるいはフェルト状網目状ポリウレタン発泡体であり、ポリアミドがナイロンであり、またポリエステルがポリエチレンテレフタレートである請求項5に記載の燃料貯蔵器。

【請求項7】 ウィッキング材料がフェルト状ポリウレタン発泡体、網目状ポリウレタン発泡体及びフェルト状網目状ポリウレタン発泡体からなる群から選択される請求項6に記載の燃料貯蔵器。

【請求項8】 ウィッキング構造体が、約0.5から約45ポンド/立方フィートの範囲の密度及び約10から約200ポア/インチの範囲のポアサイズをもつポリウレタン発泡体を備える請求項4に記載の燃料貯蔵器。

【請求項9】 ウィッキング構造体が、約0.5から約15ポンド/立方フィートの範囲の密度及び約40から約200ポア/インチの範囲のポアサイズをもつポリウレタン発泡体を備える請求項8に記載の燃料貯蔵器。

【請求項10】 ウィッキング構造体が、2から45ポンド/立方フィートの範囲の密度及び1.1から30の

範囲の圧縮率をもつフェルト状網目状ポリウレタン発泡体である請求項4に記載の燃料貯蔵器。

【請求項11】 ウィッキング構造体が毛管作用の勾配を有する請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項12】 ウィッキング構造体が2つ以上の成分を備え、これらの成分の少なくとも2つが異なる毛管作用を有する請求項11に記載の燃料貯蔵器。

【請求項13】 ウィッキング構造体が、発泡体の長手方向に沿って圧縮度が変化しているようにフェルト化された発泡体を備える請求項11に記載の燃料貯蔵器。

【請求項14】 毛管作用が、ウィッキング構造体の出口のすぐ近くの部分で最大であり、ウィッキング構造体の出口から遠い部分では毛管作用が相対的に小さい請求項11の燃料貯蔵器。

【請求項15】 出口を通して容器から容器の外部の場所へ液体燃料を送るための、出口と液体連通している液体送液手段をさらに含む請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項16】 請求項15の燃料貯蔵器及び液体燃料電池のアノードを含み、液体送液手段がアノードと液体連通している組合せ体。

【請求項17】 液体送液手段がウィックであり、前記ウィックが液体燃料をアノードに送る請求項16に記載の組合せ体。

【請求項18】 液体送液手段がウィックであり、前記ウィックがウィッキングリンクと接触しアノードと液体連通しており、前記ウィッキングリンクが少なくとも第2のウィックを備え、前記ウィック及び前記ウィッキングリンクが、出口からアノードに液体燃料が流れるように方向づける毛管作用の勾配をつくる請求項16に記載の組合せ体。

【請求項19】 容器を貫く空気入口をさらに含み、前記空気入口が、ガスの容器キャビティへの流入を許容する一方バルブを有する請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項20】 容器が柔軟な側壁を有する請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項21】 容器が、1枚あるいは複数枚のプラスチックフィルムもしくはプラスチックコートフィルムで形作られたエンベロープを備える請求項20に記載の燃料貯蔵器。

【請求項22】 使用前に容器が輸送あるいは保管されるときに出口通路をカバーする取り外し可能なテープをさらに備える請求項21に記載の燃料貯蔵器。

【請求項23】 容器が柔軟に曲げることができる請求項21に記載の燃料貯蔵器。

【請求項24】 エンベロープが第1の面及び第2の面を有し、前記第1及び第2の面が実質的に平坦である請求項21に記載の燃料貯蔵器。

【請求項25】 エンベロープが、ヒートシールあるいは超音波溶着により形作られたバウチである請求項21に記載の燃料貯蔵器。

【請求項26】 出口が、液体燃料をキャビティに導入することを可能にするバルブを有する、リサイクル可能な請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項27】 出口が、液体燃料をキャビティに導入することを可能にするシールキャップを有する、リサイクル可能な請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項28】 シールキャップが、突刺して液体燃料をキャビティに導入することを可能にする膜を有し、液体燃料が導入された後は膜がキャビティを再シールする請求項27に記載の燃料貯蔵器。

【請求項29】 膜がラバーを備える請求項28に記載の燃料貯蔵器。

【請求項30】 ウィッキング構造体が第1及び第2のコンポーネントを備え、前記第1のコンポーネントが第2のコンポーネントより大きな毛管作用を有し、前記第1のコンポーネントは最長寸法を有し、前記第1のコンポーネントの自由上昇ウィック高さが前記第1のコンポーネントの最長寸法の2分の1より大きい請求項12に記載の燃料貯蔵器。

【請求項31】 第1のコンポーネントの自由上昇ウィック高さが、前記第1のコンポーネントの最長寸法より大きい請求項30に記載の燃料貯蔵器。

【請求項32】 ウィッキング構造体が永久圧縮されたウィッキング材料でつくられている請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項33】 ウィッキング構造体が可逆圧縮されたウィッキング材料でつくられている請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項34】 ウィッキング構造体がウィッキング構造体容積を有し、ウィッキング構造体容積がキャビティ容積の約50%以下である請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項35】 ウィッキング構造体容積がキャビティの容積の約25%以下である請求項34に記載の燃料貯蔵器。

【請求項36】 ウィッキング構造体容積がキャビティの容積の約10%以下である請求項35に記載の燃料貯蔵器。

【請求項37】 ウィッキング構造体が外形容積を有し、ウィッキング構造体の空孔容積がウィッキング構造体外形容積の少なくとも約50%である請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項38】 ウィッキング構造体の空孔容積がウィッキング構造体外形容積の約65%から約98%である請求項37に記載の燃料貯蔵器。

【請求項39】 ウィッキング構造体の空孔容積がウィッキング構造体外形容積の約70%から約85%である請求項38に記載の燃料貯蔵器。

【請求項40】 ウィッキング構造体の空孔容積がウィッキング構造体外形容積の約75%である請求項39に

記載の燃料貯蔵器。

【請求項41】 ウィッキング構造体の空孔容積がウィッキング構造体外形容積の約80%である請求項39に記載の燃料貯蔵器。

【請求項42】 ウィッキング構造体の空孔容積がウィッキング構造体外形容積の約85%である請求項39に記載の燃料貯蔵器。

【請求項43】 液体燃料がメタノールを含む請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項44】 液体燃料が純粋なメタノールである請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項45】 液体燃料がメタノール水性混合物である請求項1に記載の燃料貯蔵器。

【請求項46】 水性混合物中のメタノールの濃度が少なくとも約25重量%である請求項45に記載の燃料貯蔵器。

【請求項47】 水性混合物中のメタノールの濃度が少なくとも約50重量%である請求項46に記載の燃料貯蔵器。

【請求項48】 水性混合物中のメタノールの濃度が約70重量%から99重量%である請求項47に記載の燃料貯蔵器。

【請求項49】 水性混合物中のメタノールの濃度が約90重量%である請求項48に記載の燃料貯蔵器。

【請求項50】 水性混合物中のメタノールの濃度が約95重量%である請求項48に記載の燃料貯蔵器。

【請求項51】 水性混合物中のメタノールの濃度が約99重量%である請求項48に記載の燃料貯蔵器。

【請求項52】 液体送液手段が、ポンプあるいはウィッキング構造体より大きい毛管作用を有するウィックである請求項15に記載の燃料貯蔵器。

【請求項53】 液体送液手段がポンプである請求項52に記載の燃料貯蔵器。

【請求項54】 液体送液手段がウィックである請求項52に記載の燃料貯蔵器。

【請求項55】 液体送液手段が、ポンプあるいはウィッキング構造体より大きい毛管作用を有するウィックである請求項16に記載の組合せ体。

【請求項56】 液体燃料電池用燃料貯蔵器であって、  
(a) 液体燃料電池用の液体燃料を保持するキャビティを画定する壁及び内部を有する容器と、

(b) キャビティ内に配置され、そこへ液体燃料の少なくとも一部分が吸い上げられ、次にそこから液体燃料を送ることができるウィッキング構造体であって、容器内の実質的にすべての液体燃料と接触可能であり、その自由上昇ウィック高さがその最長寸法の少なくとも2分の1より大きいウィッキング構造体と、

(c) 容器の壁を貫いて容器外部の場所にウィッキング構造体を流体連絡させる出口と、

(d) 出口と容器外部の場所の間に入れられる液体送液

手段と、を備え、液体送液手段が液体燃料を出口から容器外部の場所へ送る燃料貯蔵器。

【請求項 57】 液体燃料電池用燃料貯蔵器であって、  
(a) 柔軟性のある液体燃料電池用の液体燃料を保持するキャビティを画定する壁及び内部を有する容器と、  
(b) キャビティ内に配置され、そこへ液体燃料の少なくとも一部分が吸い上げられ、次にそこから液体燃料を送ることができるウィッキング構造体であって、容器内の実質的にすべての液体燃料と接触可能であり、その自由上昇ウィック高さがその最長寸法の少なくとも 2 分の 1 より大きいウィッキング構造体と、  
(c) 容器の壁を貫いて容器外部の場所にウィッキング構造体を流体連絡させる出口と、を備える燃料貯蔵器。  
【請求項 58】 組合せ体であって、  
(i) (a) 液体燃料電池用の液体燃料を保持するキャビティを画定する壁及び内部を有する容器と、 \*

\* (b) キャビティ内に配置され、そこへ液体燃料の少なくとも一部分が吸い上げられ、次にそこから液体燃料を送ることができるウィッキング構造体であって、容器内の実質的にすべての液体燃料と接触可能であり、その自由上昇ウィック高さがその最長寸法の少なくとも 2 分の 1 より大きいウィッキング構造体と、  
(c) 容器の壁を貫いて容器外部の場所とウィッキング構造体とを流体連絡させることができ、バルブあるいは膜を含むシールキャップを有し、液体燃料を導入するために膜に注射針を突刺することができ、液体燃料が導入された後は膜がキャビティをシールする出口通路とを備えるリサイクル可能な燃料貯蔵器と、  
(i i) アノードを備える液体燃料電池と、を含み、アノードがリサイクル可能な燃料貯蔵器の出口と流体連絡している組合せ体。

---

フロントページの続き

(72)発明者 アンドリュー エム トンプソン  
アメリカ合衆国 ペンシルバニア 19382,  
ウエスト チェスター, アップルゲート  
ドライブ 170

F ターム(参考) 3E014 PA01 PB03 PC04 PF05  
5H026 AA08 BB01 CX01 CX02 CX03  
CX08 CX10 EE11 EE18 HH02  
HH03 HH04 HH05  
5H027 AA08 BA13 KK31

## 【外国語明細書】

## 1 Title of Invention

Liquid Fuel Reservoir for Fuel Cells

## 2 Claims

1. A fuel reservoir for a liquid fuel cell, comprising:

(a) a container having a wall and an interior defining a cavity holding a liquid fuel for the liquid fuel cell;

(b) a wicking structure disposed within the cavity and into which at least a portion of the liquid fuel wicks and from which the liquid fuel may subsequently be delivered, wherein substantially all of the free liquid fuel in the container is contactable by the wicking structure, wherein the wicking structure has a longest dimension and the free rise wick height of the wicking structure is greater than at least one half of the longest dimension; and

(c) an outlet that provides fluid communication of the wicking structure through the wall of the container to a location exterior of the container,

wherein the fuel reservoir is selectively detachable from or attachable to a liquid fuel cell.

2. The fuel reservoir of claim 1, wherein the free rise wick height of the wicking structure is greater than the longest dimension.

3. The fuel reservoir of claim 2, wherein the wicking structure comprises a wicking material selected from the group consisting of foams, bundled fibers, matted fibers, woven fibers, nonwoven fibers and inorganic porous materials.

4. The fuel reservoir of claim 1, wherein the wicking structure comprises a wicking material selected from the group consisting of foams, bundled fibers, matted fibers, woven fibers and nonwoven fibers.

5. The fuel reservoir of claim 4, wherein the wicking material is selected from the group consisting of polyurethane foam, melamine foam, nonwoven felts of polyamide, polyethylene, polypropylene, polyester, polyacrylonitrile, or mixtures thereof, bundled, matted or woven fibers of cellulose, polyester, polyethylene, polypropylene and polyacrylonitrile, or mixtures thereof.

6. The fuel reservoir of claim 5, wherein the polyurethane foam is a felted polyurethane foam, reticulated polyurethane foam or felted reticulated polyurethane foam, the polyamide is nylon and the polyester is polyethylene terephthalate.

7. The fuel reservoir of claim 6, wherein the wicking material is selected from the group consisting of a felted polyurethane foam, reticulated polyurethane foam and felted reticulated polyurethane foam.

8. The fuel reservoir of claim 4, wherein the wicking structure comprises a polyurethane foam with a density in the range of about 0.5 to about 45 pounds per cubic foot and pore sizes in the range of about 10 to about 200 pores per linear inch.

9. The fuel reservoir of claim 8, wherein the wicking structure comprises a polyurethane foam with a density in the range of 0.5 to 15



pounds per cubic foot and pore sizes in the range of 40 to 200 pores per linear inch.

10. The fuel reservoir of claim 4, wherein the wicking structure is a felted reticulated polyurethane foam with a density in the range of 2 to 45 pounds per cubic foot and a compression ratio in the range of 1.1 to 30.

11. The fuel reservoir of claim 1, wherein the wicking structure has a capillarity gradient.

12. The fuel reservoir of claim 11, wherein the wicking structure comprises two or more components, wherein at least two of such components have different capillarities.

13. The fuel reservoir of claim 11, wherein the wicking structure comprises a foam felted to varying degrees of compression along a length of the foam.

14. The fuel reservoir of claim 11, wherein the capillarity is greatest at a portion of the wicking structure proximate the outlet, and a distal portion of the wicking structure is of lesser capillarity.

15. The fuel reservoir of claim 1, further comprising:

a liquid delivery means in fluid communication with the outlet to deliver the liquid fuel out of the container through the outlet to the location exterior of the container.

16. A combination comprising the fuel reservoir of claim 15 and an anode of a liquid fuel cell, wherein the liquid delivery means is in fluid communication with the anode.

17. The combination of claim 16, wherein the liquid delivery means is a wick, said wick delivering the liquid fuel to the anode.

18. The combination of claim 16, wherein the liquid delivery means is a wick, said wick being in contact with a wicking link in fluid communication with the anode, said wicking link comprising at least a second wick, wherein said wick and said wicking link form a capillarity gradient that directs the liquid fuel to flow from the outlet to the anode.

19. The fuel reservoir of claim 1, further comprising:  
an air inlet through the container, said air inlet having a one-way valve to permit gas flow into the cavity of the container.

20. The fuel reservoir of claim 1, wherein the container has flexible sidewalls.

21. The fuel reservoir of claim 20, wherein the container comprises an envelope formed from one or more sheets of a plastic film or a plastic-coated film.

22. The fuel reservoir of claim 21, further comprising a removable tape that covers the outlet passageway when the container is shipped or stored prior to use.

23. The fuel reservoir of claim 21, wherein the container is flexibly bendable.

24. The fuel reservoir of claim 21, wherein the envelope has a first face and a second face and said first and second faces are substantially planar.

25. The fuel reservoir of claim 21, wherein the envelope is a pouch formed by heat-sealing or ultra-sonic welding.

26. The fuel reservoir of claim 1 which is recyclable, wherein the outlet has a valve that allows liquid fuel to be introduced into the cavity.

27. The fuel reservoir of claim 1 which is recyclable, wherein the outlet has a sealable cap that allows liquid fuel to be introduced into the cavity.

28. The fuel reservoir of claim 27, wherein the sealable cap has a membrane that upon puncture allows the introduction of the liquid fuel into the cavity, and after liquid fuel introduction the membrane reseals the cavity.

29. The fuel reservoir of claim 28, wherein the membrane comprises rubber.

30. The fuel reservoir of claim 12, wherein the wicking structure comprises first and second components, said first component having a higher capillarity than the second component, wherein said first component has a

longest dimension, and the free rise wick height of the first component is greater than one half of the longest dimension of said first component.

31. The fuel reservoir of claim 30, wherein the free rise wick height of the first component is greater than the longest dimension of said first component.

32. The fuel reservoir of claim 1, wherein the wicking structure is made of a permanently compressed wicking material.

33. The fuel reservoir of claim 1, wherein the wicking structure is made of a reversibly compressed wicking material.

34. The fuel reservoir of claim 1, wherein the wicking structure has a wicking structure volume and the wicking structure volume is no more than about 50% of a volume of the cavity.

35. The fuel reservoir of claim 34, wherein the wicking structure volume is no more than about 25% of the volume of the cavity.

36. The fuel reservoir of claim 35, wherein the wicking structure volume is no more than about 10% of the volume of the cavity.

37. The fuel reservoir of claim 1, wherein the wicking structure has an external volume and the void volume of the wicking structure is at least about 50% of the external volume of the wicking structure.

38. The fuel reservoir of claim 37, wherein the void volume of the wicking structure is about 65% to about 98% of the external volume of the wicking structure.

39. The fuel reservoir of claim 38, wherein the void volume of the wicking structure is about 70% to about 85% of the external volume of the wicking structure.

40. The fuel reservoir of claim 39, wherein the void volume of the wicking structure is about 75% of the external volume of the wicking structure.

41. The fuel reservoir of claim 40, wherein the void volume of the wicking structure is about 80% of the external volume of the wicking structure.

42. The fuel reservoir of claim 41, wherein the void volume of the wicking structure is about 85% of the external volume of the wicking structure.

43. The fuel reservoir of claim 1, wherein the liquid fuel comprises methanol.

44. The fuel reservoir of claim 1, wherein the liquid fuel is pure methanol.

45. The fuel reservoir of claim 1, wherein the liquid fuel is an aqueous mixture of methanol.

46. The fuel reservoir of claim 45, wherein the methanol concentration of the aqueous mixture is at least 25% by weight.

47. The fuel reservoir of claim 46, wherein the methanol concentration of the aqueous mixture is at least 50% by weight.

48. The fuel reservoir of claim 47, wherein the methanol concentration of the aqueous mixture is about 70% to 99% by weight.

49. The fuel reservoir of claim 48, wherein the methanol concentration of the aqueous mixture is about 90% by weight.

50. The fuel reservoir of claim 49, wherein the methanol concentration of the aqueous mixture is about 95% by weight.

51. The fuel reservoir of claim 50, wherein the methanol concentration of the aqueous mixture is about 99% by weight.

52. The fuel reservoir of claim 15, wherein the liquid delivery means is a pump or a wick having greater capillarity than the wicking structure.

53. The fuel reservoir of claim 52, wherein the liquid delivery means is the pump.



54. The fuel reservoir of claim 52, wherein the liquid delivery means is the wick.

55. The combination of claim 16, wherein the liquid delivery means is a pump or a wick having greater capillarity than the wicking structure.

56. A fuel reservoir for a liquid fuel cell, comprising:

(a) a container having a wall and an interior defining a cavity holding a liquid fuel for the liquid fuel cell;

(b) a wicking structure disposed within the cavity and into which at least a portion of the liquid fuel wicks and from which the liquid fuel may subsequently be delivered, wherein substantially all of the free liquid fuel in the container is contactable by the wicking structure, wherein the wicking structure has a longest dimension and the free rise wick height of the wicking structure is greater than at least one half of the longest dimension;

(c) an outlet that provides fluid communication of the wicking structure through the wall of the container to a location exterior of the container; and

(d) a liquid delivery means interspersed between the outlet and the location exterior of the container, wherein the liquid delivery means delivers the liquid fuel from the outlet to the location exterior of the container.

57. A fuel reservoir for a liquid fuel cell, comprising:

(a) a container having a flexible wall and an interior defining a cavity holding a liquid fuel for the liquid fuel cell;

(b) a wicking structure disposed within the cavity and into which at least a portion of the liquid fuel wicks and from which the liquid fuel may subsequently be delivered, wherein substantially all of the free liquid fuel in the container is contactable by the wicking structure, wherein the wicking structure has a longest dimension and the free rise wick height of the wicking structure is greater than at least one half of the longest dimension; and

(c) an outlet that provides fluid communication of the wicking structure through the wall of the container to a location exterior of the container.

58. A combination, comprising:

(i) a recyclable fuel reservoir, wherein said recyclable fuel reservoir comprises

(a) a container having a wall and an interior defining a cavity holding a liquid fuel for the liquid fuel cell;

(b) a wicking structure disposed within the cavity and into which at least a portion of the liquid fuel wicks and from which the liquid fuel may subsequently be delivered, wherein substantially all of the free liquid fuel in the container is contactable by the wicking structure, wherein the wicking structure has a longest dimension and the free rise wick height of the wicking structure is greater than at least one half of the longest dimension; and

(c) an outlet that provides fluid communication of the wicking structure through the wall of the container to a location exterior of the container, said outlet having a valve or a sealable cap containing a membrane, wherein the membrane can be punctured by a needle for liquid fuel introduction and the membrane seals the cavity after the liquid fuel introduction; and

- (ii) a liquid fuel cell comprising an anode,  
wherein the anode is in fluid communication with the outlet of the recyclable fuel reservoir.

### 3 Detailed Description of Invention

This application claims the benefit of U.S. Patent Application No. 09/894,939 filed on June 28, 2001, the disclosure of which is incorporated by reference.

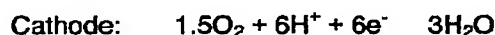
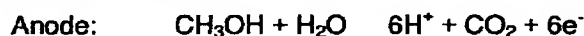
This invention relates to liquid fuel cells in which the liquid fuel is indirectly or preferably directly oxidized at the anode. In particular, it relates to the reservoir for holding and metering or delivering the liquid fuel to the anode of a liquid fuel cell. This invention also relates to liquid fuel feed systems for micro fuel cell reformers.

### **Background of the Invention**

Electrochemical fuel cells convert reactants, namely fuel and oxidants, to generate electric power and reaction products. Electrochemical fuel cells generally employ an electrolyte disposed between two electrodes (an anode and a cathode). An electrocatalyst is needed to induce the desired electrochemical reactions at the electrodes. Liquid feed solid polymer fuel cells operate in a temperature range of from about 0 °C to the boiling point of the fuel, *i.e.*, for methanol about 65 °C, and are particularly preferred for portable applications. Solid polymer fuel cells include a membrane electrode assembly ("MEA"), which comprises a solid polymer electrolyte or proton-exchange membrane, sometimes abbreviated "PEM", disposed between two electrode layers. Flow field plates for directing the reactants across one surface of each electrode are generally disposed on each side of the membrane electrode assembly.

A broad range of reactants have been contemplated for use in solid polymer fuel cells, and such reactants may be delivered in gaseous or liquid streams. The oxidant stream may be substantially pure oxygen gas, but preferably a dilute oxygen stream such as found in air, is used. The fuel stream may be substantially pure hydrogen gas, or a liquid organic fuel mixture. A fuel cell operating with a liquid fuel stream wherein the fuel is reacted electrochemically at the anode (directly oxidized) is known as a direct liquid feed fuel cell.

A direct methanol fuel cell ("DMFC") is one type of direct liquid feed fuel cell in which the fuel (liquid methanol) is directly oxidized at the anode. The following reactions occur:



The hydrogen ions ( $\text{H}^+$ ) pass through the membrane and combine with oxygen and electrons on the cathode side producing water. Electrons ( $\text{e}^-$ ) cannot pass through the membrane, and therefore flow from the anode to the cathode through an external circuit driving an electric load that consumes the power generated by the cell. The products of the reactions at the anode and cathode are carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) and water ( $\text{H}_2\text{O}$ ), respectively. The open circuit voltage from a single cell is about 0.7 volts. Several direct methanol fuel cells are stacked in series to obtain greater voltage.

Other liquid fuels may be used in direct liquid fuel cells besides methanol – *i.e.*, other simple alcohols, such as ethanol, or dimethoxymethane, trimethoxymethane and formic acid. Further, the oxidant may be provided in the form of an organic fluid having a high oxygen concentration – *i.e.*, a hydrogen peroxide solution.

A direct methanol fuel cell may be operated on aqueous methanol vapor, but most commonly a liquid feed of a diluted aqueous methanol fuel solution is used. It is important to maintain separation between the anode and the cathode to prevent fuel from directly contacting the cathode and oxidizing thereon (called "cross-over"). Cross-over results in a short circuit in the cell since the electrons resulting from the oxidation reaction do not follow the current path between the electrodes. To reduce the potential for cross-over of methanol fuel from the anode to the cathode side through the MEA, very dilute solutions of methanol (for example, about 5% methanol in water) are typically used as the fuel streams in liquid feed DMFCs.

The polymer electrolyte membrane (PEM) is a solid, organic polymer, usually polyperfluorosulfonic acid, that comprises the inner core of the membrane electrode assembly (MEA). Commercially available polyperfluorosulfonic acids for use as PEM are sold by E.I. DuPont de Nemours & Company under the trademark NAFION®. The PEM must be hydrated to function properly as a proton (hydrogen ion) exchange membrane and as an electrolyte.

For efficient function of the fuel cell, the liquid fuel should be controllably metered or delivered to the anode side. The problem is particularly acute for fuel cells intended to be used in portable applications, such as in consumer electronics and cell phones, where the fuel cell orientation with respect to gravitational forces will vary. Traditional fuel tanks with an outlet at the bottom of a reservoir, and which rely on gravity feed, will cease to deliver fuel when the tank orientation changes.

In addition, dipping tube delivery of a liquid fuel within a reservoir varies depending upon the orientation of the tube within the reservoir and the amount of fuel remaining in the reservoir. Referring to Fig. 1, a cartridge

10 holds a liquid fuel mixture 12 therein. An outlet tube 14 and an air inlet tube 16 protrude from the cartridge cover 18. If the cartridge 10 stably remained at this orientation, the fuel mixture could be drawn out from the outlet tube 14 by pumping action, and the volume space taken by the fuel exiting the cartridge 10 filled by air entering through the air inlet tube 16. However, if the cartridge 10 were tipped on its side, the fuel mixture could be drawn out only so long as the fuel level is above the fuel removal point of the outlet tube.

Accordingly, to facilitate use of liquid fuel cells in portable electronic devices, a liquid fuel reservoir that controllably holds and delivers fuel to a liquid fuel cell, regardless of orientation, is desired. A swappable, disposable, replaceable or recyclable liquid fuel reservoir is further desired. It is also desirable to maximize the amount of liquid fuel that the liquid fuel reservoir can hold.

#### **Summary of the Invention**

According to one embodiment of the invention, a fuel reservoir for a liquid fuel cell comprises

- (a) a container having a wall and an interior defining a cavity for holding a liquid fuel for a liquid fuel cell;
- (b) a wicking structure positioned within the cavity and into which at least a portion of the liquid fuel wicks and from which the liquid fuel may be metered, discharged or delivered; and
- (c) an outlet passageway through the container that communicates with the wicking structure in the cavity.

The fuel reservoir of the present invention controllably holds a liquid fuel for the liquid fuel cell. The fuel reservoir can deliver fuel to a liquid fuel

cell regardless of orientation because the liquid fuel inside the container is in fluid communication with the outlet passageway without regard to the orientation of the fuel reservoir. The liquid fuel stored in the fuel reservoir can exit the container without being dependent on gravity.

Furthermore, the fuel reservoir of the present invention can be selectively attachable to or detachable from a fuel cell. The fuel reservoir can be swappable, disposable or replaceable. The fuel reservoir can also be recyclable or replenishable in that a spent fuel reservoir can be replenished with the liquid fuel via the outlet passageway or an optional liquid fuel inlet having a valve or a membrane, preferably made of fuel resistant rubber, through which the liquid fuel can be introduced into the spent fuel reservoir through a needle or the like to obtain a replenished fuel reservoir, wherein the membrane reseals the cavity after fuel introduction. In one of the embodiments of the recyclable or replenishable fuel reservoir of the present invention, the outlet passageway is fitted with a valve or sealable cap that allows the introduction of the liquid fuel into the spent fuel reservoir and prevents the liquid fuel from leaking out of the replenished fuel reservoir during storage or shipment before the next use. In another embodiment of the recyclable or replenishable fuel reservoir, the fuel reservoir further comprises a liquid fuel inlet fitted with a valve or sealable cap that allows the introduction of the liquid fuel into the spent fuel reservoir and prevents the liquid fuel from leaking out of the replenished fuel reservoir.

The wicking structure not only wicks and retains liquids, but permits liquids to be controllably metered or delivered out from such structure. The wicking structure has a geometry having a longest dimension. For a cylindrically shaped wicking structure, the longest dimension may be either its height or its diameter, depending upon the relative dimensions of the

cylinder. For a rectangular box-shaped wicking structure, the longest dimension may be either its height or its length or its thickness, depending upon the relative dimensions of the box. For other shapes, such as a square box-shaped reservoir, the longest dimension may be the same in multiple directions. The free rise wick height (a measure of capillarity) of the wicking structure preferably is greater than at least one half of the longest dimension. Most preferably, the free rise wick height is greater than the longest dimension.

The wicking structure may be made from foams, bundled fibers, matted fibers, woven or nonwoven fibers, or inorganic porous materials. The wicking structure can in general be a porous member made of one or more polymers resistant to the liquid fuel. Preferably, the wicking structure is constructed from a wicking material selected from polyurethane foams (preferably felted polyurethane foams, reticulated polyurethane foams or felted reticulated polyurethane foams), melamine foams, and nonwoven felts or bundles of a polyamide such as nylon, polypropylene, polyester such as polyethylene terephthalate, cellulose, polyethylene, polyacrylonitrile, and mixtures thereof. Alternatively, the wicking structure is preferably constructed from a wicking material selected from polyurethane foams (preferably felted polyurethane foams, reticulated polyurethane foams or felted reticulated polyurethane foams), melamine foams, nonwoven felts of a polyamide such as nylon, polyethylene, polypropylene, polyester, polyacrylonitrile, or mixtures thereof, bundled, matted or woven fibers of cellulose, polyester such as polyethylene terephthalate, polyethylene, polypropylene, polyacrylonitrile, and mixtures thereof. Certain inorganic porous materials, such as sintered inorganic powders of silica or alumina, can also be used as the wicking material for the wicking structure.



If a polyurethane foam is selected for the wicking structure, such foam should have a density in the range of about 0.5 to about 45, preferably about 0.5 to about 25, pounds per cubic foot, and pore sizes in the range of about 10 to about 200 pores per linear inch, more preferably a density in the range of about 0.5 to about 15 pounds per cubic foot and pore sizes in the range of about 40 to about 200 pores per linear inch, most preferably a density in the range of 0.5 to 10 pounds per cubic foot and pore sizes in the range of 75 to 200 pores per linear inch.

If a felted polyurethane foam is selected for the wicking structure, such as a felted reticulated polyurethane foam, such felted foam should have a density in the range of about 2 to about 45 pounds per cubic foot and a compression ratio in the range of about 1.1 to about 30, preferably a density in the range of about 3 to about 15 pounds per cubic foot and compression ratio in the range of about 1.1 to about 20, most preferably a density in the range of 3 to 10 pounds per cubic foot and compression ratio in the range of 2.0 to 15.

A felted foam is produced by applying heat and pressure sufficient to compress the foam to a fraction of its original thickness. For a compression ratio of 30, the foam is compressed to 1/30 of its original thickness. For a compression ratio of 2, the foam is compressed to 1/2 of its original thickness.

A reticulated foam is produced by removing the cell windows from the cellular polymer structure, leaving a network of strands and thereby increasing the fluid permeability of the resulting reticulated foam. Foams may be reticulated by *in situ*, chemical or thermal methods, all as known to those of skill in foam production.

The wicking material can be permanently or reversibly compressed to from the wicking structure. An example of a permanently compressed wicking material is a felted wicking material. An example of a reversibly compressed wicking structure is a wicking structure formed by compressing a wicking material while the wicking material is being put into the cavity of a container, so that structures such as the walls of the container help keep the wicking material in a compressed state while the wicking material is inside the container.

In a particularly preferred embodiment, the wicking structure is made with a foam with a capillarity gradient, such that the flow of the liquid fuel is directed from one region of the structure to another region of the structure as a result of the differential in capillarity between the two regions. One method for producing a foam with a capillarity gradient is to felt the foam to varying degrees of compression along its length. The direction of capillarity flow of liquid is from a lesser compressed region to a greater compressed region. Alternatively, the wicking structure may be made of a composite of individual components of foams or other materials with distinctly different capillarities. The capillarity gradient is such that the capillarity is greatest at the portion of the wicking structure proximate the outlet passageway of the fuel reservoir, and the further distal a portion of the wicking structure is from the outlet passageway the lesser will be the capillarity. With such a capillarity gradient, the liquid fuel in the wicking structure is directed to flow from a point furthest away from the outlet passageway toward the outlet passageway, aiding in the delivery of the liquid fuel by the fuel reservoir.

In one of the embodiments, the wicking structure held within the container conforms in shape substantially to the cavity of the container.

It is desirable to minimize the volume effectively occupied by the wicking structure inside the container by minimizing the solid volume of the wicking structure in order to maximize the amount of liquid fuel held in the container. Alternatively, to maximize the amount of liquid fuel held in the container, it is desirable to minimize the wicking material volume. The "solid volume" of the wicking structure is the volume occupied by the solid material of the wicking structure. In other words, the "solid volume" is the external volume of the wicking structure minus its void volume. The "wicking material volume" or the "volume of the wicking structure" is the sum of the solid volume and the volume of wicking pores in the wicking material. The wicking material volume is preferably no more than about 50%, more preferably no more than about 25%, and most preferably no more than about 10%, of the volume of the cavity within the container. The void volume of the wicking material is preferably at least about 50%, more preferably about 65% to 98%, and most preferably about 70% to 85%, of the external volume of the wicking material.

In an embodiment which minimizes the solid volume occupied by the wicking structure, the wicking structure volume is minimized by providing a wicking structure that extends to the extreme parts of the cavity within the container with the central portion of the cavity substantially devoid of the wicking structure either by making the wicking structure with no or only a minimal amount of wicking material in the central portion of the wicking structure or by substantially perforating the central portion of the wicking structure. With the wicking structure occupying at least the extreme parts of the cavity, all the liquid fuel in the cavity maintains, regardless of orientation, fluid communication with the outlet passageway of the container at least via capillarity. By reducing the amount of the wicking material in the central

portion of the wicking structure to a minimum, the wicking structure volume is minimized and, consequently, the amount of the liquid fuel that the fuel reservoir can hold can be maximized. For instance, if the cavity within the container is planar having a square or rectangular shape and eight corners, the wicking structure is disposed at least at or proximate the eight extreme corners of the cavity. If the cavity is planar with the square or rectangular shape, the wicking structure can have a configuration of a square or rectangular sheet with a plurality of perforations, a square or rectangular rim, or a configuration shaped like the alphabet letters "E", "H", "K", "M", "N", "X" or "Z". On the other hand, if the cavity within the container is planar having a round or oval shape, the wicking structure is disposed at least as a circular or oval ring along the curved edge of the cavity.

The container of the fuel reservoir may take various shapes, such as a generally cylindrical cartridge comparable in size and shape to disposable dry cell batteries, or other known battery cartridge shapes. Alternatively, and particularly preferred, the container may form a generally planar thin pouch, packet or envelope having flexible top and bottom faces. The envelope may be formed from one or more sheets of a flexible plastic film or a plastic-coated film that are heat-sealed or ultra-sonic welded together at the side edges of the sheets. Such an envelope container is flexibly bendable when filled with liquid fuel, and the wicking structure into which at least a portion of the liquid fuel has wicked retains such liquid and permits metering or delivering of such liquid when the container is so bent. A removable tape may be supplied to cover the outlet passageway when the envelope container is shipped or stored prior to use.

A liquid delivery means, such as a pump or a wick, can communicate with the outlet passageway of the fuel reservoir to deliver the liquid fuel out of

the container through the outlet passageway. Alternatively, the liquid fuel can flow out of the container via the outlet passageway under the force of gravity. The liquid fuel leaving the container can be delivered to an anode of a liquid fuel cell by gravity or preferably by the action of the liquid delivery means. In one of the embodiments, for instance, the liquid fuel can be delivered to the anode using a wick having differential capillarity with the capillarity in the wick greater in the part proximate the anode than the part proximate the outlet passageway. The liquid fuel can optionally be delivered to the anode by a series of wicks connected together having different capillaries to generate a capillarity gradient in order to direct the flow of the liquid fuel from the outlet passageway to the anode. If the container is made of a rigid material, an air inlet having a one-way valve is provided to the container to permit gas flow into the volume of the container as the liquid fuel exits the container through the outlet passageway. If the container is made of a flexible material, e.g. if the container is a flexible pouch, an air inlet is optional.

A further embodiment of the invention is a wicking material for a fuel reservoir for a liquid fuel cell formed from a wicking structure of foam, bundled fibers or nonwoven fibers. Preferably, the wicking structure is constructed from a wicking material selected from polyurethane foams (preferably felted polyurethane foams, reticulated polyurethane foams or felted reticulated polyurethane foams), melamine foam, and nonwoven felts or bundles of polyamide such as nylon, polypropylene, polyester such as polyethylene terephthalate, cellulose, polyethylene, polyacrylonitrile, and mixtures thereof. The wicking structure made from such wicking material not only wicks and retains liquids, but permits liquids to be controllably metered or delivered out from such structure. The free rise wick

height (a measure of capillarity) of the wicking structure preferably is greater than at least one half of the longest dimension. Most preferably, the free rise wick height is greater than the longest dimension.

In a particularly preferred embodiment, the wicking material has a capillarity gradient, such that the flow of the liquid fuel is directed from one region of the material to another region of the material as a result of the differential in capillarity between the two regions. Alternatively, the wicking material may be formed as a composite of individual structures of the same or different materials with distinctly different capillarities.

If a polyurethane foam is selected for the wicking material, such foam should have a density in the range of 0.5 to 25 pounds per cubic foot, and pore sizes in the range of 10 to 200 pores per linear inch, preferably a density in the range of 0.5 to 15 pounds per cubic foot and pore sizes in the range of 40 to 200 pores per linear inch, most preferably a density in the range of 0.5 to 10 pounds per cubic foot and pore sizes in the range of 75 to 200 pores per linear inch.

If a felted polyurethane foam is selected for the wicking material, such as a felted reticulated polyurethane foam, such foam should have a density in the range of 2 to 45 pounds per cubic foot and a compression ratio in the range of 1.1 to 30, preferably a density in the range of 3 to 15 pounds per cubic foot and compression ratio in the range of 1.1 to 20, most preferably a density in the range of 3 to 10 pounds per cubic foot and compression ratio in the range of 2.0 to 15.

The fuel reservoir of the present invention can hold a liquid fuel for an indirect or direct fuel cell. Examples of the liquid fuel that the fuel reservoir can hold for a direct fuel cell are methanol, ethanol, ethylene glycol, dimethoxymethane, trimethoxymethane, formic acid or hydrazine. The

liquid fuel that the fuel reservoir can hold for indirect fuel cells or reformers includes liquid hydrocarbons, such as methanol, petroleum and diesel fuel. The fuel reservoir of the present invention preferably contains methanol as the liquid fuel. The methanol in the fuel reservoir is an aqueous mixture of methanol or, preferably, pure methanol. The methanol concentration of the aqueous mixture is preferably at least about 3%, preferably at least about 5%, more preferably at least about 25%, even more preferably at least about 50%, further even more preferably at least about 60%, and most preferably about 70% to about 99%, e.g. about 85%, 90%, 95% or 99%, with the methanol concentration percentage expressed on a weight-to-weight basis.

#### **Description of the Preferred Embodiments**

Referring first to FIGs. 2 to 4, a cartridge container **20** defines a cavity holding a liquid fuel mixture **22**. An outlet tube **24** extends into the container **20** through a cover **28** and the outlet tube **24** communicates between the cavity of the container **20** and outside of the container. An air inlet tube **26** also extends into the container **20** through cover **28**. The air inlet tube **26** may include a one way valve (not shown) so as to prevent liquid from flowing from the container **20**.

A wicking structure **32** is provided within the cavity of the container **20**. The wicking structure **32** surrounds the open end of the outlet tube **24** within the cavity of the container **20**. Liquid fuel wicks into the wicking structure **32**.

In the embodiment shown in FIGs. 2 to 4, the wicking structure is a felted polyurethane foam shaped as a rectangular cube or box. For example, the structure is approximately 10 mm (width) x 5 mm (thickness) x

90 (height) mm, with the 90 mm height as the longest dimension of the structure.

The foam was produced with the following mix:

Arcol 3020 polyol (from Bayer Corp.)	100 parts
Water	4.7
Dabco NEM (available from Air Products)	1.0
A-1 (available for OSi Specialties/Crompton)	0.1
Dabco T-9 (available from Air Products)	0.17
L-620 (available from OSi Specialties/Crompton)	1.3

After mixing for 60 seconds and allowed to degas for 30 seconds, 60 parts of toluene diisocyanate were added. This mixture was mixed for 10 seconds and then placed in a 15" x 15" x 5" box to rise and cure for 24 hours. The resulting foam had a density of 1.4 pounds per cubic foot and a pore size of 85 pores per linear inch. The foam was felted by applying heat (360°F) and pressure sufficient to compress the foam to 1/5 of its original thickness (*i.e.*, compression ratio = 5). The heat and compressive pressure were applied for about 30 minutes. The felted foam had a density of 7.0 pounds per cubic foot.

The container 20 is filled with 6 ml. of an aqueous fuel solution containing 95% methanol. The cover 18 to the container comprises a cap with a rubber serum stopper 34.

A pump 30 acts on the outlet tube 24 and draws liquid fuel 22 from the wicking structure 32 through the outlet tube 24. Only a slight vacuum needs to be placed on the outlet tube 24 to draw the fuel mixture out of the container. Fuel may be drawn out regardless of the orientation of the container. In one test, with the container in its "vertical" orientation as shown in FIGs. 2 to 4, 5.0 ml of liquid fuel were drawn out of the fuel



reservoir for a fixed pump setting. In a second test, with the container in an "upside-down" orientation (not shown), more than 2.0 ml of liquid fuel were drawn from the fuel reservoir at the same pump setting. While the "upside-down" orientation causes less efficient fuel delivery, fuel delivery was not interrupted, as would be the case for other fuel reservoirs.

In an alternate embodiment (not shown), the wicking structure was selected as a non-woven polyester fiber pad shaped into a rectangular cube or box of approximately 10 mm x 5 mm x 90 mm. The non-woven pad was formed by mixing together bulk fiber (polyester and melt-binder coated sheathed polyester) and forming the mixture with a combed roller into a layer. The layer was removed from the roller with a moving comb and transferred to a conveyor belt. The conveyor belt fed the material to an articulated arm that stacked multiple layers onto a separate conveyor belt. The multiple layers were heated and compressed to the desired final thickness. Similar fuel delivery was achieved with this non-woven polyester fiber wicking structure.

In a further alternate embodiment (not shown), the wicking structure comprised a needled felt. A blend of recycled polyester, polypropylene and nylon fibers were fiber-separated and a comb roller pulled a layer of fiber. The layer was removed from the roller with a moving comb and transferred to a conveyor belt. The conveyor belt fed the material to an articulated arm that stacked multiple layers onto a separate conveyor belt. The multiple layers (with a combined thickness of about 10 inches) were fed through two needling operations in which a bank of barbed needles compact the multiple layers together. Needling also forced some fibers to be pulled through the sample to entangle and hold the final shape of the needled felt together.

Similar fuel delivery was achieved with a wicking structure formed as a rectangular cube of the needled felt.

Referring next to FIGs. 5 and 6, an alternate container of flexible packaging for a fuel reservoir is shown. The flexible fuel delivery pouch, packet or envelope 40 comprises one or more sheets connected together to form the pouch, packet or envelope with sealed edges 42. Preferably, the sheets are connected by heat-sealing or ultra-sonic welding. The envelope 40 defines a central volume forming a reservoir for a liquid fuel 52 for a fuel cell. An air inlet 44 is provided with a one way valve 46 to prevent liquid fuel from draining from the envelope 40. The air inlet 44 provides a passageway for air to enter the volume of the envelope as liquid fuel is drawn therefrom.

An outlet tube 48 is provided through the envelope 40. The outlet tube is in fluid communication between the interior volume of the envelope and the fuel cell. Prior to use, the outlet tube 48 may be covered with a covering tape 50, which is shown in phantom outline in FIG. 5. The tape covers the opening of the outlet tube 48. In this way, a pre-filled fuel reservoir may be shipped and stored without leakage of liquid fuel therefrom. The tape 50 is removed when the envelope is installed for use to fuel a fuel cell.

A wicking structure 54, formed from materials noted above with respect to the embodiment in FIGs. 2 to 4, is held within the volume of the envelope 40. Just as with the first embodiment, a pump (not shown in FIGs. 5 and 6) is used to draw liquid fuel from the interior volume of the container through the outlet tube 48. And like the first embodiment, efficient fuel delivery is independent of the orientation of the envelope and the wicking structure.

Preferably, the wicking structure **54** conforms in dimension to the interior volume of the envelope **40**. Because the wicking structure **54** preferably is flexible, and the envelope **40** preferably is formed from flexible film materials, the entire fuel cell delivery system may be bent or flexed for various positions and configurations when in use. Moreover, the envelope **40** in this preferred embodiment is lightweight and formed with substantially planar top and bottom surfaces.

Referring to FIGs. 7 and 8, another flexible fuel reservoir is shown. The fuel reservoir according to FIGs. 7 and 8 is similar to the flexible fuel reservoir of FIGs. 5 and 6 except for the absence of the air inlet **44** and the one way valve **46** as the flexible pouch can collapse as fuel is withdrawn.

FIGs. 9 and 10 illustrate another flexible fuel reservoir of the present invention. The flexible fuel reservoir of FIGs. 9 and 10 is similar to the flexible fuel reservoir according to FIGs. 7 and 8 except for the presence of a liquid fuel inlet **56** having a valve **58** for the introduction of liquid fuel into the flexible pouch in order to replenish the flexible fuel reservoir with liquid fuel making the fuel reservoir recyclable.

FIGs. 11 and 12 illustrate another recyclable, flexible fuel reservoir of the present invention. The recyclable, flexible fuel reservoir of FIGs. 11 and 12 is similar to the flexible fuel reservoir according to FIGs. 9 and 10 except for the presence of a liquid fuel inlet **57** sealed with a membrane **59** preferably made of rubber for the introduction of fresh liquid fuel by a syringe or the like into the flexible pouch after some or all of the original liquid fuel has been discharged from the reservoir in order to replenish the spent fuel reservoir with liquid fuel making the fuel reservoir recyclable. Upon puncture, the membrane allows the introduction of the liquid fuel into the cavity, and after liquid fuel introduction the membrane reseals the cavity.

Referring to FIGs. 13 through 20, several embodiments of fuel reservoirs **100**, **102**, **104**, **106**, **108**, **110**, **112** and **114** with the volume of the wicking structures **73**, **74**, **75**, **77**, **79**, **81**, **83** and **85** minimized are shown. Each of the fuel reservoirs comprises a container **72** defining a cavity **76** having a wicking structure **73**, **74**, **75**, **77**, **79**, **81**, **83** or **85**, a liquid fuel outlet passageway **78** and an optional air inlet **80** (depending on whether the container **72** is made of a rigid material). The wicking structures **73**, **74**, **75**, **77**, **79**, **81**, **83** and **85** of these fuel reservoirs occupy at least the extreme parts of the cavity **76**. The wicking structure can have a 3-sided configuration (see FIG. 13), square or rectangular configuration (see FIG. 14) or a configuration in the shape of an alphabet letter "H", "X", "N", "M", "K" or "E" (see FIGs. 15-20, respectively).

FIG. 21 schematically shows an embodiment of a recyclable fuel reservoir according to the present invention. The recyclable fuel reservoir **116** comprises a container **72**, wicking structure **73**, cavity **76**, an optional air inlet **80** and a liquid fuel outlet **78** having a sealable cap **82** and a membrane **84** preferably made of rubber on the sealable cap. After some or all of the original liquid fuel has been discharged from the fuel reservoir, the fuel reservoir can be disconnected from the fuel cell, the opening of the liquid fuel outlet **78** can then be sealed with the sealable cap **82** and fresh liquid fuel can be injected through the membrane **84** to replenish the spent fuel reservoir with liquid fuel.

FIG. 22 is a schematic view of another embodiment of a recyclable fuel reservoir according to the present invention. The recyclable fuel reservoir **118** comprises a container **72**, wicking structure **73**, cavity **76**, an optional air inlet **80** and a liquid fuel outlet **88** having a valve **86**. After some or all of the original liquid fuel has been discharged from the fuel reservoir,

the valve **86** can be closed and the fuel reservoir is disconnected from the fuel cell. Fresh liquid fuel can be introduced into the spent fuel reservoir through the valve **86** to replenish the spent fuel reservoir with liquid fuel to make the fuel reservoir recyclable or rechargeable.

FIG. 23 schematically shows an embodiment in which a swappable fuel reservoir **200** of the present invention is connected to the anode **212** of a fuel cell **210** via a fuel delivery wick **208**. The swappable fuel reservoir **200** comprises a container **204** defining a cavity **206**, which contains a wicking structure **202**. The wicking structure **202** of the fuel reservoir **200** is in contact with the fuel delivery wick **208**. The capillary of the fuel delivery wick **208** is greater than the capillary of the wicking structure **202** so that a capillary gradient is created to deliver liquid fuel from the fuel reservoir **200** to the anode **212** of the fuel cell **210**.

In a particularly preferred embodiment, the wicking structure is made with a foam with a capillarity gradient, such that the flow of the liquid fuel is directed from one region of the structure to another region of the structure as a result of the differential in capillarity between the two regions. One method for producing a material with a capillarity gradient is to felt a foam to varying degrees of compression along its length. Another method for producing a material with a capillarity gradient is to assemble a composite of individual components with distinctly different capillarities. The direction of capillarity flow of liquid is from a lower capillarity region to a higher capillarity region.

FIGs. 24 and 25 illustrate schematically a method for making a wicking material, such as foam, with a capillarity gradient. As shown in FIG. 24, a wedge-shaped slab **60** of foam of consistent density and pore size has a first thickness **T1** at a first end **61** and a second thickness **T2** at a second

end **65**. The slab **60** is subjected to a felting step -- high temperature compression for a desired time to compress the slab **60** to a consistent thickness **T3**, which is less than the thicknesses **T1** and **T2**. A greater compressive force, represented by arrows **62**, is required to compress the material from **T1** to **T3** at the first end **61** than is the compressive force, represented by arrows **64** required to compress the material from **T2** to **T3** at the second end **65**.

The compression ratio of the foam material varies along the length of the felted foam shown in FIG. 25, with the greatest compression at the first end **61A (T1 to T3)** as compared with the second end **65A (T2 to T3)**. The capillary pressure is inversely proportional to the effective capillary radius, and the effective capillary radius decreases with increasing firmness or compression. Arrow **66** in FIG. 25 represents the direction of capillary flow from the region of lower felt firmness or capillarity to higher felt firmness or capillarity. Thus, if a wicking material or wicking structure is formed with a material or composite material having a capillarity gradient, the liquid fuel wicked into the material may be directed to flow from one region of the material with lower compression ratio to another region with higher compression ratio.

The invention has been illustrated by detailed description and examples of the preferred embodiments. Various changes in form and detail will be within the skill of persons skilled in the art. Therefore, the invention must be measured by the claims and not by the description of the examples or the preferred embodiments.

#### 4 Brief Description of Drawings

FIG. 1 is a front elevational view partially broken away of a prior art fuel cartridge for a liquid fuel cell;

FIG. 2 is a front elevational view of a liquid fuel reservoir for a fuel cell according to the invention;

FIG. 3 is a right side elevational view partially broken away of the liquid fuel reservoir of FIG. 2;

FIG. 4 is a top plan view of the liquid fuel reservoir of FIGs. 2 and 3;

FIG. 5 is a front elevational view of an alternative liquid fuel reservoir for a fuel cell according to the invention;

FIG. 6 is a right side elevational view partially broken away of the alternative liquid fuel reservoir of FIG. 5;

FIG. 7 is a front elevational view of an alternative liquid fuel reservoir having no air inlet for a fuel cell according to the invention;

FIG. 8 is a right side elevational view partially broken away of the alternative liquid fuel reservoir of FIG. 7;

FIG. 9 is a front elevational view of an alternative liquid fuel reservoir having a liquid fuel introduction inlet 56 containing a valve 58 for a fuel cell according to the invention;

FIG. 10 is a right side elevational view partially broken away of the alternative liquid fuel reservoir of FIG. 9;

FIG. 11 is a front elevational view of an alternative liquid fuel reservoir having a liquid fuel introduction inlet 57 sealed by a membrane 59 made preferably of rubber for a fuel cell according to the invention;

FIG. 12 is a right side elevational view partially broken away of the alternative liquid fuel reservoir of FIG. 11;

FIG. 13 is a schematic diagram of a liquid fuel reservoir viewed from the front with the volume of the wicking structure minimized according to the invention;

FIG. 14 is a schematic diagram of a liquid fuel reservoir viewed from the front with the volume of the wicking structure minimized according to the invention;

FIG. 15 is a schematic diagram of a liquid fuel reservoir viewed from the front with the volume of the wicking structure minimized according to the invention;

FIG. 16 is a schematic diagram of a liquid fuel reservoir viewed from the front with the volume of the wicking structure minimized according to the invention;

FIG. 17 is a schematic diagram of a liquid fuel reservoir viewed from the front with the volume of the wicking structure minimized according to the invention;

FIG. 18 is a schematic diagram of a liquid fuel reservoir viewed from the front with the volume of the wicking structure minimized according to the invention;

FIG. 19 is a schematic diagram of a liquid fuel reservoir viewed from the front with the volume of the wicking structure minimized according to the invention;

FIG. 20 is a schematic diagram of a liquid fuel reservoir viewed from the front with the volume of the wicking structure minimized according to the invention;

FIG. 21 is a schematic diagram of a recyclable or rechargeable liquid fuel reservoir with a liquid fuel outlet **78** having a sealable cap **82** containing a membrane **84** preferably made of rubber according to the invention;



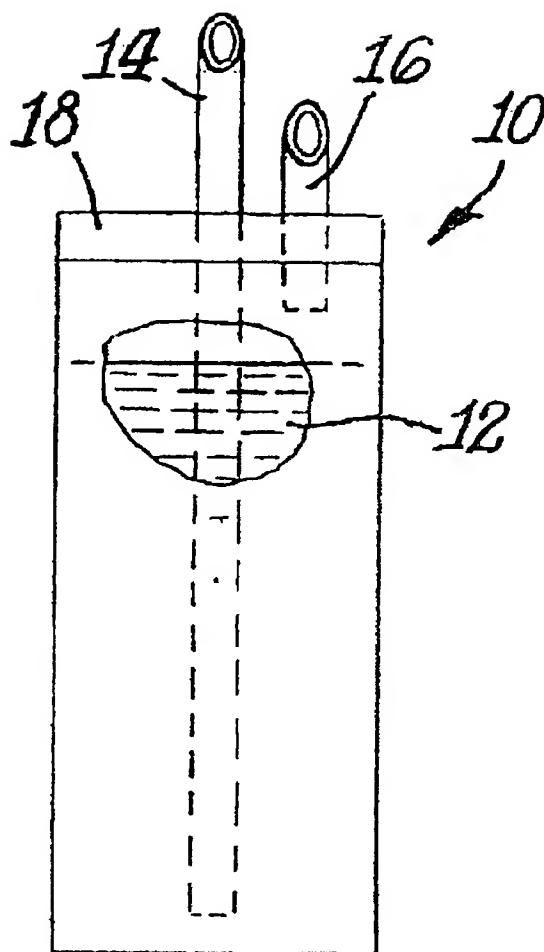
FIG. 22 is a schematic diagram of a recyclable or rechargeable liquid fuel reservoir having a valve **86** in a liquid fuel outlet **88** according to the invention;

FIG. 23 is a schematic diagram of an arrangement of delivering liquid fuel from a fuel reservoir of the invention to the anode of a fuel cell by capillarity.

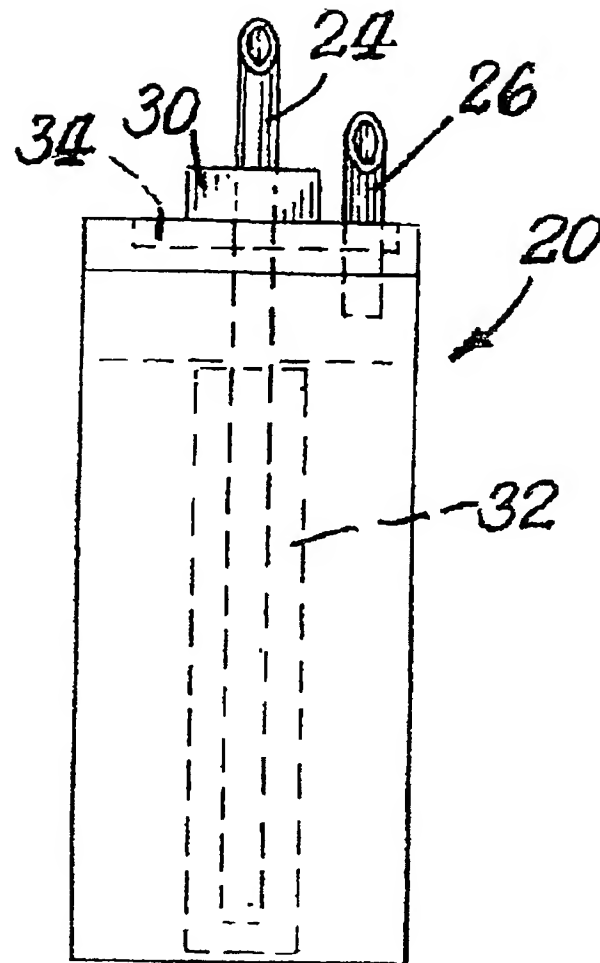
FIG. 24 is a schematic diagram of a wedge of wicking material prior to felting; and

FIG. 25 is a schematic diagram of the wicking material of FIG. 24 after felting.

【図1】

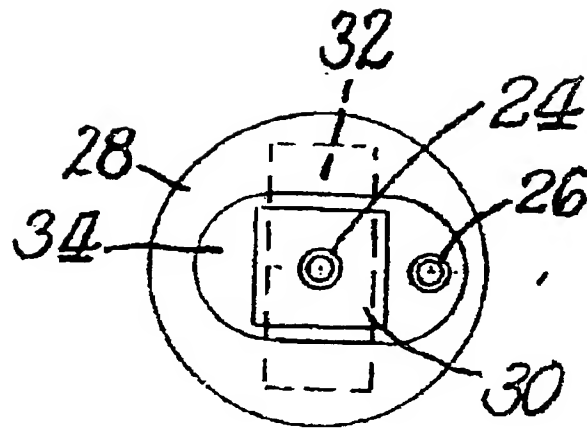


【図2】

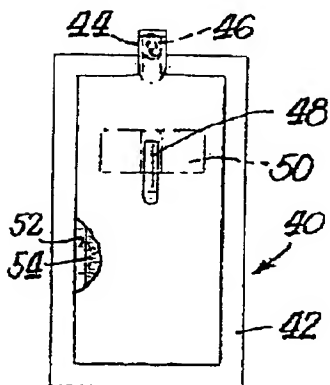




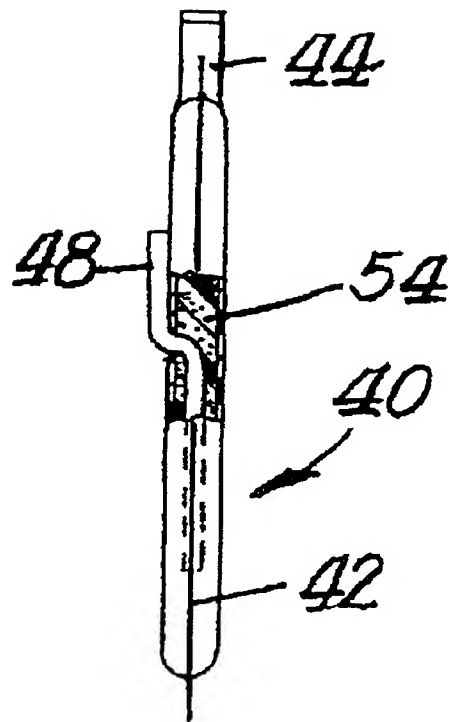
【図4】



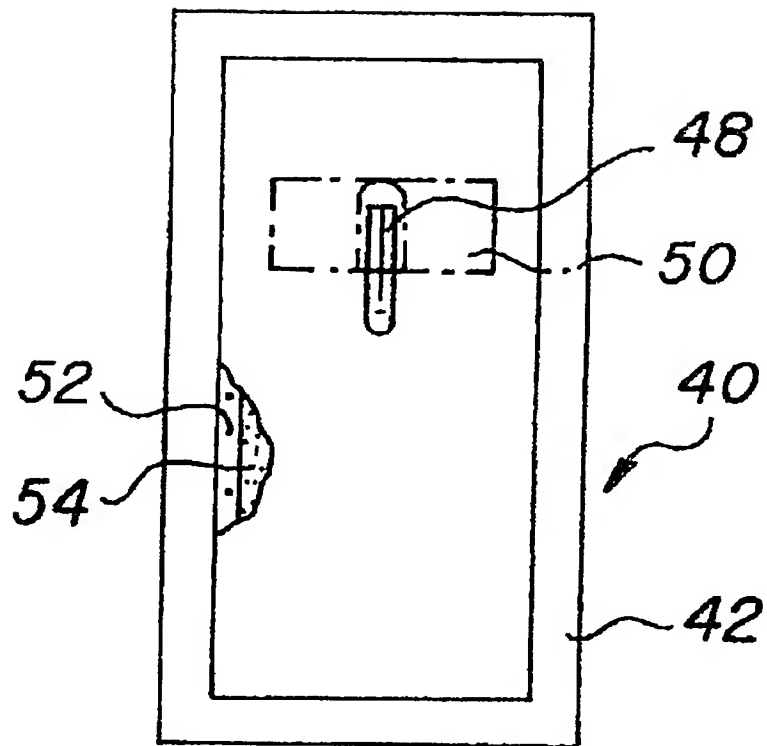
【図5】



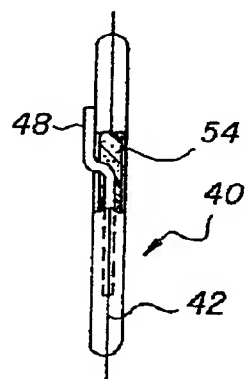
【図6】



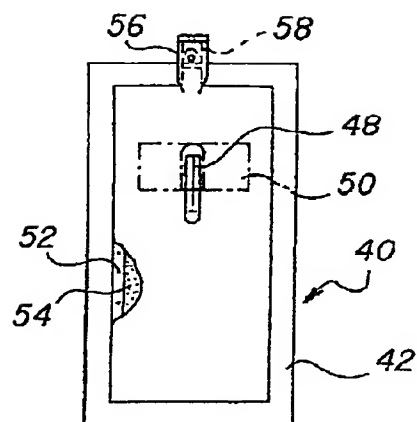
【図7】



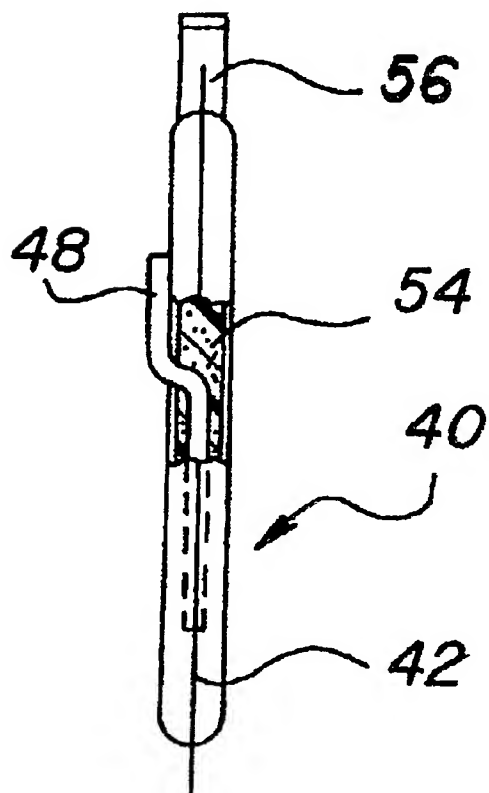
【図8】



【図9】

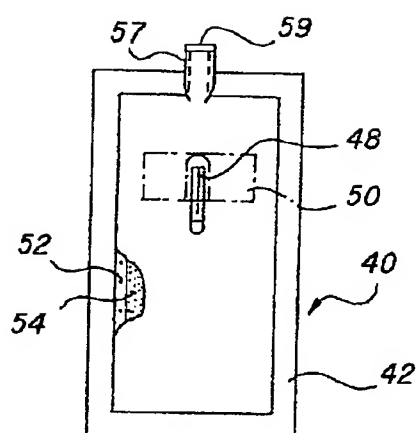


【図10】

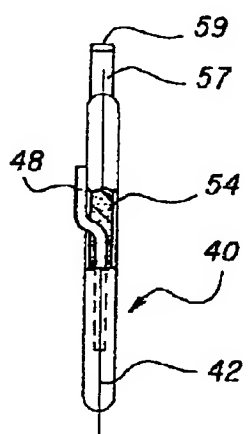




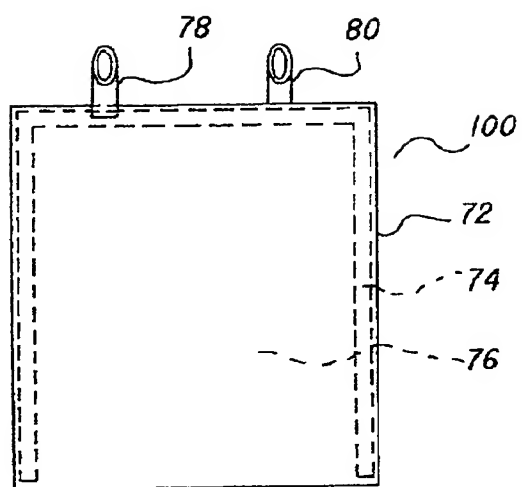
【図11】



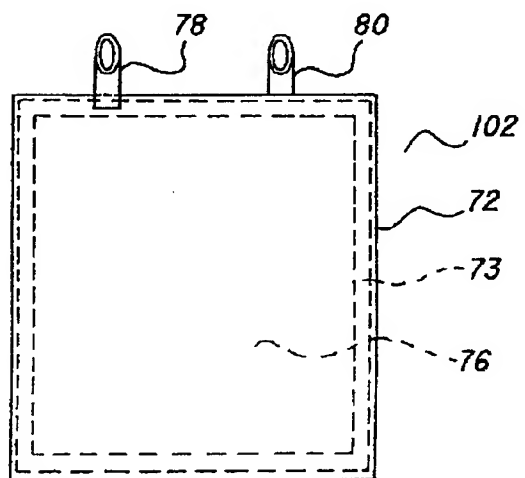
【図12】



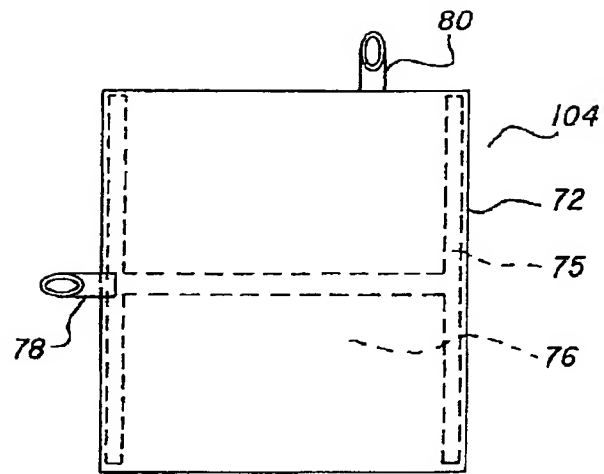
【図13】



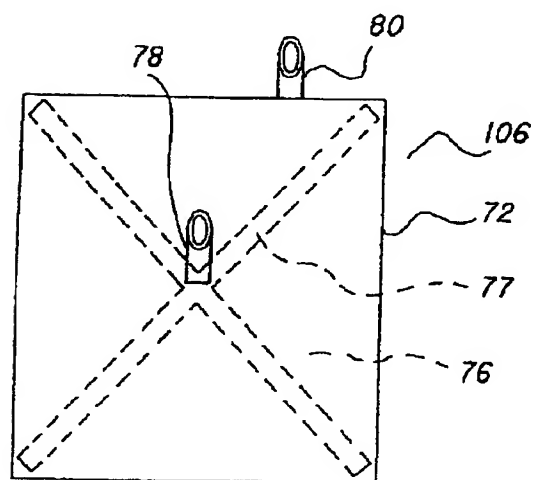
【図14】



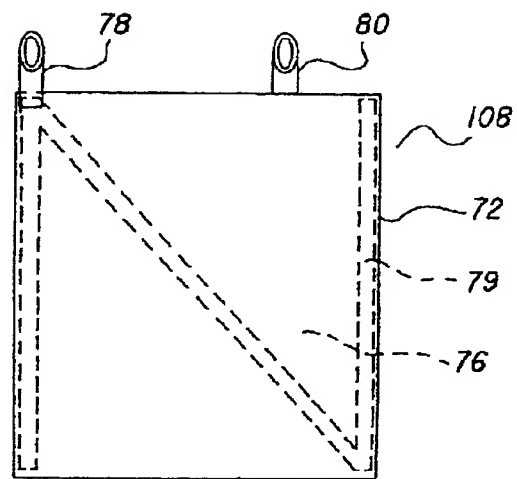
【図15】



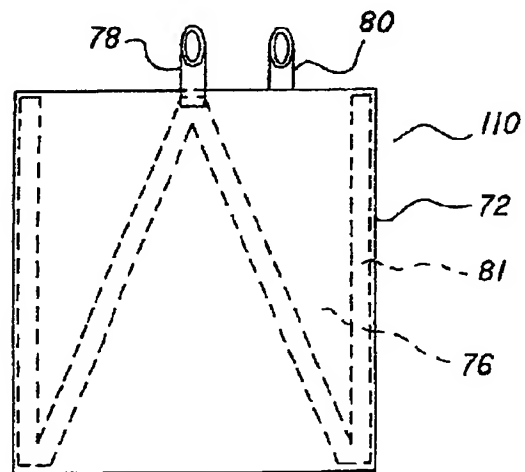
【図16】



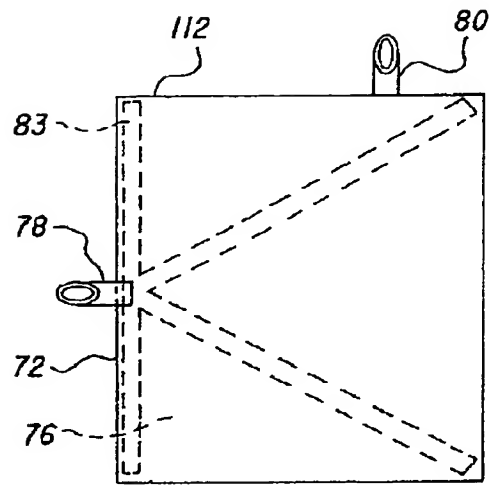
【図17】



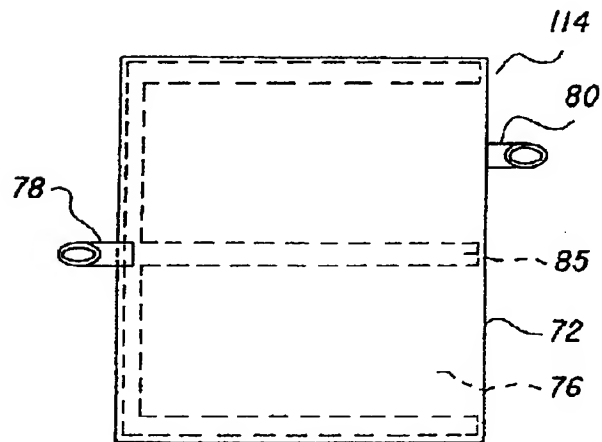
【図18】



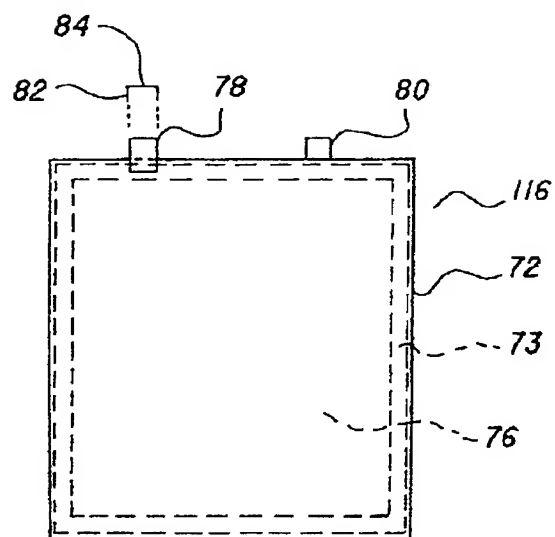
【図19】



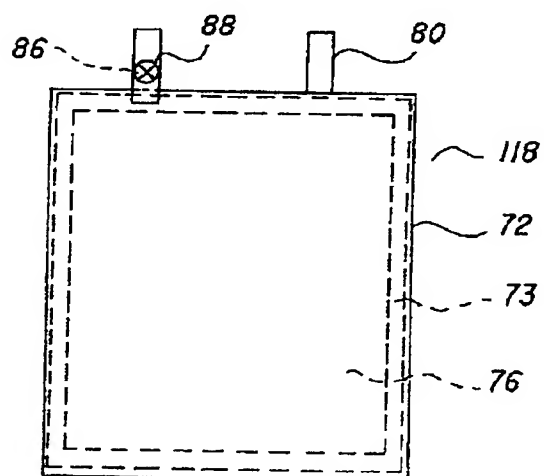
【図20】



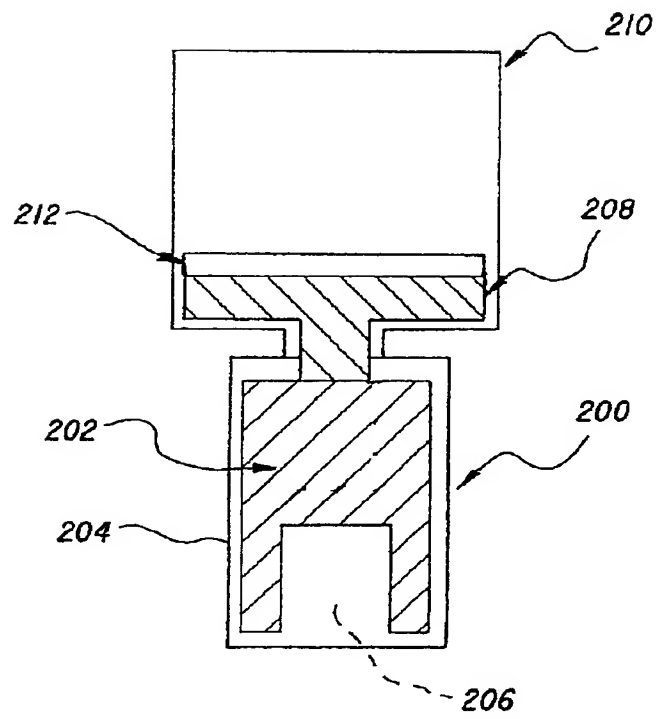
【図21】



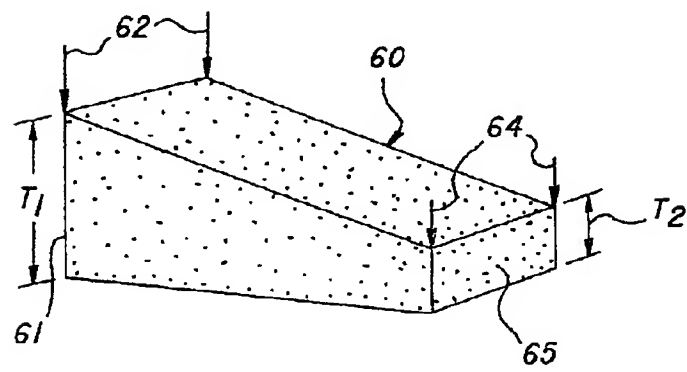
【図22】

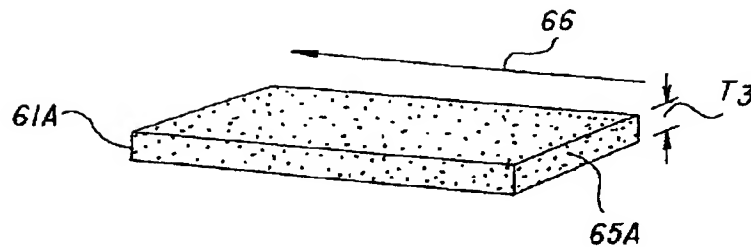


【図23】



【図24】





## 1 Abstract

The present invention concerns a fuel reservoir for a liquid fuel cell particularly useful for portable electronic devices in which the fuel reservoir can deliver the liquid fuel regardless of the orientation. The fuel reservoir comprises (a) a container defining a cavity for holding the liquid fuel; (b) a wicking structure positioned within the cavity and into which at least a portion of the liquid fuel wicks and from which said liquid fuel subsequently may be discharged or delivered, such as by pumping or wicking. The wicking structure is formed from a wicking material with a free rise wick height greater than at least one half of the longest dimension of the wicking structure. Among materials with such wicking capability are foams, matted, bundled or woven fibers and nonwoven fibers. The container may have a generally flat and thin profile, formed as a pouch or envelope with substantially planar top and bottom faces of flexible film material, such that the container holding the wicking structure and filled with the liquid fuel can be bent or shaped.

## 2 Representative Drawing

Fig.2